



**El Colegio
de la Frontera
Norte**



**ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXPANSIÓN DE LA
SUPERFICIE CULTIVADA CON AGUACATE Y SU IMPACTO
EN LOS RECURSOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE
TACÁMBARO MICHOACÁN, 1990-2016.**

Tesis presentada por

Abel Segundo Vivanco

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DEL
AMBIENTE**

Tijuana, B.C., México

2018

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis:

Dr. Djamel Eddine Toudert

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. _____

2. _____

3. _____

DEDICATORIA

A mis padres Isabel y Sabino, mis nueve hermanos y a mi fiel compañero Martin, quienes han sido mi motor para seguir en esta aventura....

Nadie se hace grande demostrando lo pequeño que pueden ser los demás.

Grande es quien engrande a los que tiene alrededor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Sabino Segundo e Isabel Vivanco, por siempre valioso apoyo y amor en todos los sentidos. A mi fiel compañero Martin, quien en los últimos años me ha brindado todo su apoyo y cariño. A mis hermanas Angélica, Ignacia, Lily, Ángeles, Gaby, Jessy, Laura, Diana y mi hermano Manuel, ya que por ustedes he logrado llegar a este punto.

Al CONACYT por la beca que me otorgo, a El Colef por la formación profesional y académica que me brindó. A mi director de tesis, el Dr. Djamel Toudert por su ayuda, comentarios y paciencia, a los lectores de tesis el Dr. Rodrigo Méndez y al Dr. Jorge Ramírez por su disposición de apoyar este trabajo. Al personal docente y administrativo que hizo esta estancia entrañable y fácil de llevar.

A mis amigos Miriam, Brenda, Karina, Luis David, por todos sus buenos consejos, regaños, sugerencias y sobre todo comprensión no solo durante este tiempo de estudio, sino de varios años atrás. Les agradezco sus palabras que me llenan de motivación y alegría, los momentos de risas y alegría que nunca se olvidan. Y aunque en ocasiones estamos lejos siempre llevo su amistad conmigo.

A todos mis sobrinos, que me han dado tanto cariño y momentos divertidos, a mi hermana Ignacia por todo su apoyo durante este tiempo, también a ti Lily que siempre me ha motivado a seguir adelante sin importar lo que pase, por tu apoyo y atenciones siempre tan oportunos.

A todos mis compañeros de la Ximena, Cristina, Alberto, Paola, Nayeli, Carla, Ceci, Liz, Estefanía, Fernando, Itzel, Eddy e Hiram que hicieron de estos dos años una increíble experiencia, por compartir sus conocimientos, convivimos poco pero les aseguro que el tiempo con ustedes fue de gran calidad, serán mis colegas y amigos por mucho tiempo más, Gracias por haber formado parte de esta experiencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
I. INTRODUCCIÓN AL TEMA DE ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Pregunta de investigación.....	5
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1 General.....	5
1.4.2 Específicos.....	6
1.5 Hipótesis	6
II. MARCO CONTEXTUAL	7
2.1 Localización del área de estudio.....	7
2.2 Clima	8
2.3 Suelos	9
2.4 Cubierta vegetal.....	11
2.5 Localización de los cultivos de aguacate.....	12
2.6 Contexto demográfico	13
2.7 Configuración del espacio rural y urbano.....	15
2.7.1 Procesos rurales-urbanos	17
2.8 Contexto socioeconómico de la producción de aguacate en el municipio de Tacámbaro	18
2.8.1 Generación de empleo	18
2.8.2 Disminución de la pobreza	19
2.8.3 cambios en los índices de migración	19
III. MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	20
3.1 Cobertura del terreno	20

3.2	Uso de suelo	20
3.3	Cambio de uso de suelo	21
3.3.1	El cambio de uso de suelo y la deforestación	23
3.3.2	El cambio de uso de suelo y el problema del agua	24
3.3.3	El cambio de uso de suelo y la pérdida de biodiversidad	25
3.4	Modelos en el cambio de uso de suelo	26
3.5	Estado del arte en los estudios de cambio de uso de suelo	28
IV.	MARCO METODOLOGICO	30
4.1	Materiales	30
4.1.2	Metodología empleada por la Iniciativa para el Cambio Climático de la ESA.....	30
4.1.3	Características de la información del proyecto <i>Land Cover-CCI</i> de la ESA	32
4.2	Selección de los tipos de cobertura.....	33
4.3	Extracción de píxeles.....	34
4.4	Calculo de los valores anuales.....	35
4.5	Encuesta.....	37
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1	Principales resultados de la encuesta.....	38
5.2	Resultados del análisis de las imágenes satelitales.....	45
5.2.1	Mapas del cambio de uso de suelo en Tacámbaro.....	46
5.2.2	Matriz de transición	49
5.3	Cambio de uso de suelo en el periodo 1979 -2017.....	58
5.4	Discusión	59
VI.	CONCLUSIÓN.....	63
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
	ACRONIMOS Y SIGLAS	71

Índice de cuadros

Cuadro 1. Situación de las Viviendas en el área de estudio	13
Cuadro 2. Grado promedio de escolaridad en la zona de estudio	13
Cuadro 3. Población Económicamente Activa	14
Cuadro 4. Población Económicamente Inactiva.....	14
Cuadro 5. Evolución de la pobreza en el municipio de Tacámbaro	19
Cuadro 6. Índice de intensidad migratoria en el municipio de Tacámbaro	19
Cuadro 7. Conjunto de datos de entrada.....	32
Cuadro 8. Tipos de cobertura usados en el análisis multitemporal	33
Cuadro 9. Valores de la extracción de píxeles.....	34
Cuadro 10. Valores anuales por tipo de cobertura.....	36
Cuadro 11. Valores anuales de las coberturas presentes en Tacámbaro	45
Cuadro 12. Matriz de transición	50
Cuadro 13. Matriz de cambio de uso de suelo.....	51
Cuadro 14. Procesos de cambio en la cubierta vegetal para el periodo 1979-2017	58

Índice de figuras

Figura 1. Tendencia de la urbanización en la población de Tacámbaro. 1980-2010	15
Figura 2. Población ocupada por sector económico en Tacámbaro. 1980-2010.....	16

Índice de mapas

Mapa 1. Localización de la zona de estudio	7
Mapa 2. Climas del municipio de Tacámbaro.....	8
Mapa 3. Grupos de suelos del municipio de Tacámbaro.....	10
Mapa 4. Uso del suelo y vegetación en el municipio de Tacámbaro	11
Mapa 5. Distribución de los cultivos de aguacate en el municipio de Tacámbaro.....	12
Mapa 6. Localidades seleccionadas para aplicación de encuesta	37
Mapa 7. Cambio de uso de suelo 1992-1997	46
Mapa 8. Cambio de uso de suelo 1998-2003	47
Mapa 9. Cambio de uso de suelo 2004-2009	48
Mapa 10. Cambio de uso de suelo 2010-2015	49
Mapa 11. Mapa de cambio 1992-2015	52
Mapa 12. Transición del cultivo de aguacate 1992-2015.....	53

Índice de gráficas

Gráfica 1. Identificación de problemas ambientales	39
Gráfica 2. Cantidad de problemas ambientales	39
Gráfica 3 Actividades que generan problemas ambientales	39
Gráfica 4. Responsables de generar problemas ambientales	40
Gráfica 5. Condiciones que genera el cultivo de aguacate	40
Gráfica 6. Problemas ambientales derivados del cultivo de aguacate	41
Gráfica 7. Grado de responsabilidad en la problemática ambiental	42

Gráfica 8. Respuesta ante la problemática ambiental.....	42
Gráfica 9. Acciones frente a la problemática ambiental.....	43
Gráfica 10. Disposición de participar en consultas y talleres.....	43
Gráfica 11. Situación ambiental del municipio	44
Gráfica 12. Papel del municipio frente a los problemas ambientales	44
Gráfica 13. Cambio de la cubierta cultivo de aguacate	54
Gráfica 14. Cambio de la cubierta tierras de cultivo	54
Gráfica 15. Cambio de la cubierta herbácea.....	55
Gráfica 16. Cambio en el mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%).....	55
Gráfica 17. Cambio de la cubierta arbórea, latifoliada, perennifolia, (> 15%)	56
Gráfica 18 Cambio de la cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)	56

Anexos

Anexo 1. Encuesta	72
Anexo 2. Fotografías	77

RESUMEN

Hoy el ser humano se enfrenta a uno de los problemas más graves a nivel mundial, la expansión de la frontera agrícola, este fenómeno provoca un cambio en el uso de suelo, afectando a los bosques y a la cubierta vegetal. Mexico no escapa de esta problemática y es a nivel local donde los efectos de este cambio en el uso de suelo se manifiestan con mayor intensidad. A partir del modelo teórico del cambio de uso de suelo esta investigación analiza el proceso de expansión del cultivo de aguacate y sus impactos sobre los recursos del municipio de Tacámbaro, Michoacan, Mexico, para el periodo 1992-2015. La zona donde se llevó a cabo la investigación es conocida por su producción de aguacate y en base a información previa se conoce que a partir de 1997, con la apertura de los mercados de Estados Unidos, tras la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, se favoreció el crecimiento de las zonas de cultivo, provocando una serie de impactos en los recursos del municipio, que van desde la deforestación, problemas de escases de agua, pérdida de biodiversidad, conflictos por la tierra y los demás recursos, aunque también provocó impactos positivos como la reducción de la pobreza, de la migración y la creación de empleo. Para conocer los impactos de este crecimiento agrícola, se utilizó información del proyecto *Land Cover-CCI* de la Agencia Espacial Europea, se procesó y modelo para ofrecer una matriz y mapas de transición del periodo de estudio, la cual se complementó con datos obtenidos de la aplicación de una encuesta en la zona de estudio. La importancia de la investigación radica en el aporte de nueva información a una escala local de los impactos generados por el cambio de uso de suelo que el cultivo de aguacate está generando sobre el bosque en el municipio de Tacámbaro, ya que este sólo ha sido analizado dentro de la región que comprende todos los municipios productores de aguacate del estado de Michoacan.

Palabras clave: Cambio de Uso de Suelo, Cultivos, Matriz de Transición, Impactos, Cobertura, Vegetación, Bosque.

ABSTRACT

Today the human being faces one of the most serious problems at the global level, the expansion of the agricultural frontier, this phenomenon causes a change in the use of soil, affecting forests and vegetation cover. Mexico does not escape from this problem and is at the local level where the effects of this change in land use manifest themselves with greater intensity. From the theoretical model of land use change this research analyzes the process of expansion of the cultivation of avocado and their impact on the resources of the municipality of Tacambaro, Michoacan, Mexico, for the period 1992-2015. The area where the research was conducted is known for its avocado production and based on prior information is known that starting from 1997, with the opening of the markets of United States, following the signing of the Treaty of the North American free trade , was favored the growth of the growing areas, causing a series of impacts on the resources of the municipality, ranging from deforestation, problems of scarcity of water, loss of biodiversity, conflicts over land and other resources, but also It resulted in positive impacts such as the reduction of poverty, migration and the creation of employment. To learn about the impacts of this agricultural growth, Land Cover-CCI of the European Space Agency project information used, was processed and model to provide an matrix and maps of transition from the period of the study, which was complemented by data obtained the application of a survey in the study area. The importance of the research lies in the contribution of new information on a local scale of the impacts generated by the change of land use avocado cultivation being generated over the forest in the municipality of Tacambaro, since this has only been evaluated within the region that includes all municipalities of avocado producers in Michoacan.

Keywords: Change Land Use, Crops, Transition Matrix, Impacts. Coverage, Vegetation, Forest.

I. INTRODUCCIÓN AL TEMA DE ESTUDIO

La Secretaría de Economía (SE) indica que México es el mayor productor a nivel mundial y el estado de Michoacán aporta cerca del 90% de esa producción (SAGARPA, 2017). Es así que durante las últimas décadas la mayor parte de la superficie frutícola del estado de Michoacán está ocupada por cultivo de aguacate (De la Tejera, 2012). Para el año de 1980 De la Tejera (2012) señala que la superficie cultivada de aguacate era de 21 241 hectáreas y para el año 2010 se contabilizaron 108 276 hectáreas cultivadas, por lo cual se observó un crecimiento de más de 80 mil hectáreas cultivadas. Así en tan solo tres décadas el crecimiento de la superficie de cultivo de aguacate en Michoacán creció un 388%, posicionando al estado como el principal productor y exportador a nivel mundial. (De la Tejera, 2012).

Actualmente el cultivo de aguacate en el estado de Michoacán ocupa un cerca del 60% de la superficie frutícola, con un área cultivada de 124 876 hectáreas, notándose un incremento de 16 600 hectáreas o un 15.3% respecto al 2010, lo que a su vez representa más del 75% del valor de la producción agrícola de todo el estado (SAGARPA, 2017). Además el estado de Michoacán posee el mayor consumo per cápita anual con cerca de 10 kg por habitante (Anguiano, 2006)

Los datos anteriores demuestran que de la frontera agrícola está en constante expansión y dentro de sus consecuencias esta que en Michoacán, año con año se pierden cubiertas de vegetación natural, debido a este crecimiento Krasilnikov *et al.*, (2013). Afirma que en México la pérdida de bosques es de una tercera parte a casi la mitad de la que se tenía originalmente.

A nivel regional Tacámbaro es el segundo municipio con mayor producción de aguacate, posee una superficie cultivada de más de 10 000 hectáreas, en las cuales se producen 84 022 toneladas de aguacate. El municipio de Tacámbaro, pertenece a la zona agroecológica de la franja aguacatera del estado de Michoacán y se encuentra ubicado en la coordenadas geográficas; 19°10' y 19°18' de latitud norte; y 101°22' y 101°35' de longitud oeste. Pertenece a la provincia fisiográfica del eje neovolcánico transversal mexicano y presenta

un rango de altitud entre los 1100 y 2400 msnm. A decir de García (1998), Tacámbaro posee un clima Cwb, definido como templado con lluvias en invierno, con una precipitación anual de 1153 mm. La temperatura media anual en Tacámbaro de Codallos se encuentra a 18.7 °C (García, 1998). Tacámbaro tiene una población aproximada de 76 661 habitantes (INEGI, 2015).

El crecimiento de la superficie cultivada con aguacate en los municipios productores del estado de Michoacán, está directamente relacionado con los beneficios económicos que se obtienen de este cultivo, ya que con tanto Estado, municipio y la población local se benefician de las ganancias de este cotizado fruto, así como de la generación de puestos de trabajo (Santos, 2012). Sin embargo estos beneficios económicos se han obtenido a costa de un cambio de uso de suelo de zonas forestales a huertas de aguacate, provocando una acelerada pérdida de la cobertura forestal. (De la Tejera, 2012), razón por la que autores como Bocco y Mendoza (1999) concluyen que cerca 75% del bosque templado que existía en Michoacán en 1970, actualmente ha desaparecido.

Esta pérdida de bosques es debido a que tanto las huertas de aguacate como los bosques de pino y encino, requieren de mismas condiciones para su existencia, lo cual promueve la deforestación de extensas zonas forestales para transformarlas en zonas de cultivo de aguacate (INIFAP, 2009). En este sentido Toledo (2009) menciona que el cambio de bosques a huertas de aguacate fue de 15 000 hectáreas durante el periodo 1996-2005, entonces es evidente que en Michoacán y en la zona de estudio está sucediendo un cambio de uso de suelo de vocación forestal a huertas de aguacate, ya que cada año se pierden más de 1 700 hectáreas de bosque para la instalación de nuevas huertas de aguacate. (Citado en De la Tejera, 2009).

De lo anterior se establece que en el municipio de Tacámbaro está ocurriendo un cambio de uso de suelo de bosques o zonas forestales hacia huertas de cultivo de aguacate, hecho que visto solo como un cambio de uso de suelo, no es un problema en sí, el problema lo representan los efectos positivos y negativos que genera este cambio de uso de suelo sobre los recursos naturales y la esfera socioeconómica de la zona de estudio. Algunas de estas consecuencias son la pérdida de la cubierta vegetal, la escasez de agua, ya que cerca del 80% del agua subterránea y el 85% de los manantiales, se usa para el riego de huertas de aguacate. (CNA, 2002). Además al quitar la cubierta forestal se reduce la capacidad de

recarga de los acuíferos afectando así la disponibilidad de agua para uso doméstico, así como para el riego del propio cultivo. Otro de los problemas que genera este cambio de uso de suelo hacia huertas de cultivo de aguacate es el excesivo uso de agroquímicos, ya que según el SIAP (2012) se estima que una huerta activa de aguacate puede usar hasta 36 diferentes tipos de agroquímicos.

Dentro de los impactos positivos esta la reducción de la pobreza y el rezago social en la zona de estudio, esto debido a que el aguacate es un producto altamente cotizado y los ingresos que se obtienen por las cosechas ayudan a combatir estos problemas socioeconómicos. Además también se ha logrado reducir los índices de migración hacia EE.UU., disponer de mayores servicios y cambiar la configuración de las zonas rurales para beneficio de los habitantes de la zona de estudio.

1.1 Planteamiento del problema

El cambio del uso del suelo se expresa en el reemplazo de un tipo de cubierta por otra y está definido por los motivos que tienen los humanos para explotar la cubierta, y los recursos de la tierra. También se refiere a la dinámica de las prácticas de apropiación del territorio (Velázquez, *et al*, 2014). Esta dinámica depende de cómo los actores toman decisiones entorno al uso de suelo y de cómo el contexto y la escala local, regional o global, influye en la toma de esas decisiones (Geist, *et al*, 2006). Entre las causas inmediatas del cambio de uso de suelo se encuentran las actividades que afectan directamente las cubiertas del suelo, como son la expansión agrícola, la explotación maderera y la expansión de la infraestructura. Sin embargo, como señalan Geist y Lambin (2002) la expansión agrícola o de tierras de cultivo, es la principal causa asociada a casi toda la deforestación local, nacional y mundial.

En este sentido en el municipio de Tacámbaro Michoacán existe un cambio de uso de suelo provocado por la expansión de las huertas donde se cultiva aguacate, donde estas han reemplazado a la cubierta forestal. Se aclara desde este punto que en el municipio de Tacámbaro el cambio de uso de suelo como tal no es un problema, el problema lo representan los impactos que este cambio ha generado durante los últimos 23 años sobre la zona de estudio; como son la deforestación, la disponibilidad de agua y de la tierra, la pérdida de biodiversidad y el poner en riesgo al propio cultivo.

En resumen el problema de investigación que se identifica en el municipio de Tacámbaro son los impactos provocados por el cambio de uso de suelo que ha generado la expansión de las zonas de cultivo de aguacate del municipio; entre las cuales se encuentran; la limitación del recurso hídrico, la degradación del recurso suelo, la pérdida de biodiversidad, la competencia por recursos y el poco acceso a tierras aptas para desarrollar otro tipo de actividades.

1.2 Justificación

Tacámbaro es uno de los municipios productores de aguacate más importantes del estado de Michoacán, lo cual le ha definido un perfil aguacatero a su producción agrícola y una dinámica poblacional y económica determinada en gran medida por esta característica. Debido a esto en los últimos 23 años en el municipio ha existido una notable expansión de las tierras cultivadas con aguacate, pero a costa de la deforestación provocada con el fin de llevar a cambio un cambio de uso de suelo que facilite la instalación de nuevas huertas de aguacate. Así Chávez (2012) menciona que el incremento del cambio de uso de suelo en los bosques de pino y encino del municipio se debe en mayor medida a la conversión del bosque natural por plantaciones de aguacate, ya que este representa un mayor valor económico, comparado a otros cultivos como el maíz. Es así que el cambio de uso de suelo hacia cultivos de mayor valor económico, se posiciona como la nueva causa de presión y pérdida de la cubierta forestal (Velázquez *et al.* 2002),

Con la información anterior se justifica la elección de esta zona de estudio, ya que al ser Tacámbaro el segundo mayor productor de aguacate del estado de Michoacán, presenta un notorio proceso de reconversión del uso de suelo, causado por la expansión de las zonas cultivadas con aguacate, lo cual provoca impactos sobre los recursos naturales como son la disminución y agotamiento de recursos hídricos, degradación del suelo, etc. Además se tomó como periodo de análisis los años comprendidos entre 1992 y 2015, ya que a partir de mediados de los noventa se inició la exportación hacia Estados Unidos, fecha que marco un punto de partida para la expansión de las zonas de cultivo de aguacate en el municipio de Tacámbaro, y por lo tanto, el inicio de un mayor impacto sobre los recursos naturales. Además los datos que pudieron ser obtenidos y procesados comprenden este periodo de

tiempo, y si bien, no son los datos más actuales, sí proporcionan información valiosa para poder comprender la problemática que está presente actualmente en la zona de estudio.

También se considera que con la realización de este trabajo se aporten nuevos datos sobre el crecimiento del cultivo de aguacate en esta zona, ya que se analizó el crecimiento comprendido entre 1992 y 2015 de una manera más puntual y local, sobre como los procesos de cambio de uso de suelo llevados a cabo para la instalación de nuevas huertas de aguacate ha generado impactos dentro de las dinámicas del municipio de Tacámbaro. Ya que si bien existen trabajos sobre la zona de estudio, estos se han centrado en aspectos de mejora en la producción, medidas de adaptación al suelo, determinación de lugares óptimos para cultivar y sobre los aspectos económicos de la producción de aguacate en el municipio (Barajas, 2015). Es así que se considera relevante esta investigación por los nuevos datos sobre crecimiento de cultivos de aguacate, sus efectos sobre el medio y su relación con las dinámicas socioeconómicas de la zona de estudio.

1.3 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los impactos que provoca el proceso de cambio de uso de suelo derivado del crecimiento del cultivo de aguacate en el municipio de Tacámbaro, sobre los recursos naturales, la biodiversidad, la población y sobre las condiciones socioeconómicas del municipio?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 General

Determinar cuáles son los impactos del proceso de cambio de uso de suelo derivado del crecimiento del cultivo de aguacate en el municipio de Tacámbaro Michoacan a través del análisis de imágenes satelitales

1.4.2 Específicos

- Cuantificar los procesos de cambio en el uso de suelo y cubierta vegetal en el municipio de Tacámbaro Michoacan para el periodo 1992-2015.
- Identificar y caracterizar los efectos positivos y negativos del crecimiento del cultivo de aguacate en el municipio de Tacámbaro Michoacán.
- Aplicar una encuesta para identificar los procesos sociales y ambientales relacionados con en el proceso de cambio de uso de suelo derivado del crecimiento del cultivo de aguacate.

1.5 Hipótesis

El proceso de cambio de uso de suelo generado por el crecimiento del cultivo de aguacate en el municipio de Tacámbaro tiene impactos negativos sobre los recursos naturales, como son; la pérdida de biodiversidad de especies forestales y vegetales, la disponibilidad de agua, el acceso a la tierra, conflictos entre productores, pobladores y gobierno así como también impactos positivos; como la reducción de la pobreza, migración y transformaciones socioeconómicas que han beneficiado a los habitantes de la zona de estudio.

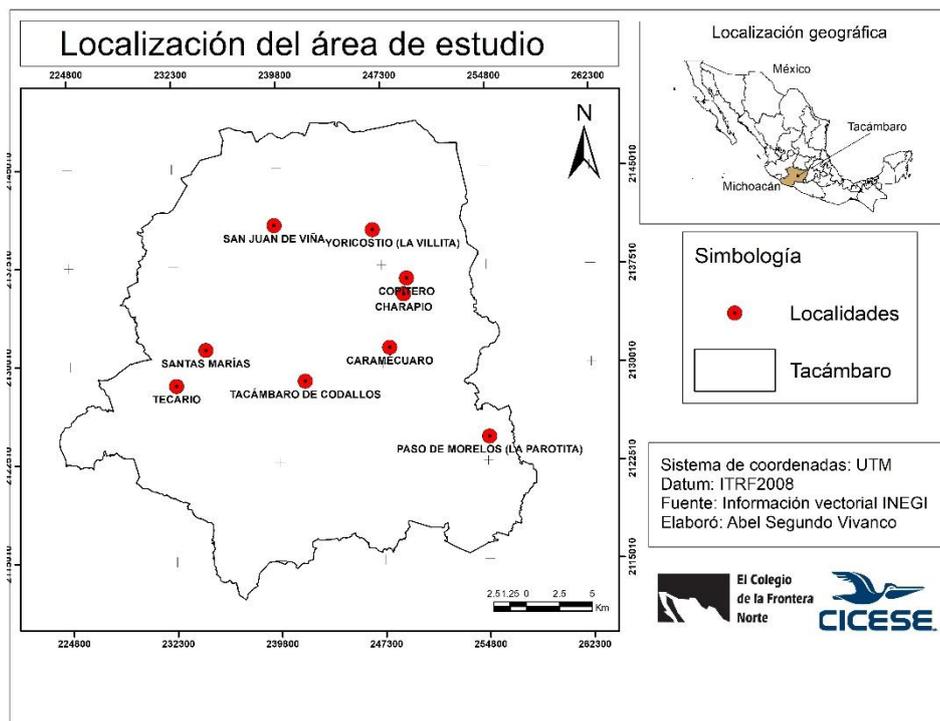
II. MARCO CONTEXTUAL

Este capítulo contiene la descripción de los componentes geográficos y socioeconómicos del área de estudio. Se abordan los principales efectos que tienen cada uno de los componentes sobre el territorio, especialmente los relacionados con los recursos naturales y su relación con los usos de suelo, así como la relación del componente socioeconómico con el cambio de uso de suelo y la expansión del cultivo de aguacate.

2.1 Localización del área de estudio

El municipio de Tacámbaro se localiza entre las coordenadas 19°05' y 19°25' de latitud norte y 101°17' y 101°38' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Salvador Escalante, Pátzcuaro, Acuitzio y Madero; al este con los municipios de Madero y Nocupétaro; al sur con los municipios de Nocupétaro y Turicato; al oeste con los municipios de Turicato, Ario y Salvador Escalante. Pertenecce a la provincia fisiográfica del eje neovolcánico transversal mexicano y la zonificación agroecológica de la franja aguacatera del estado de Michoacán, México. Tiene una altitud entre los 2400 y 1100 msnm (PIGM, INEGI; 2009)

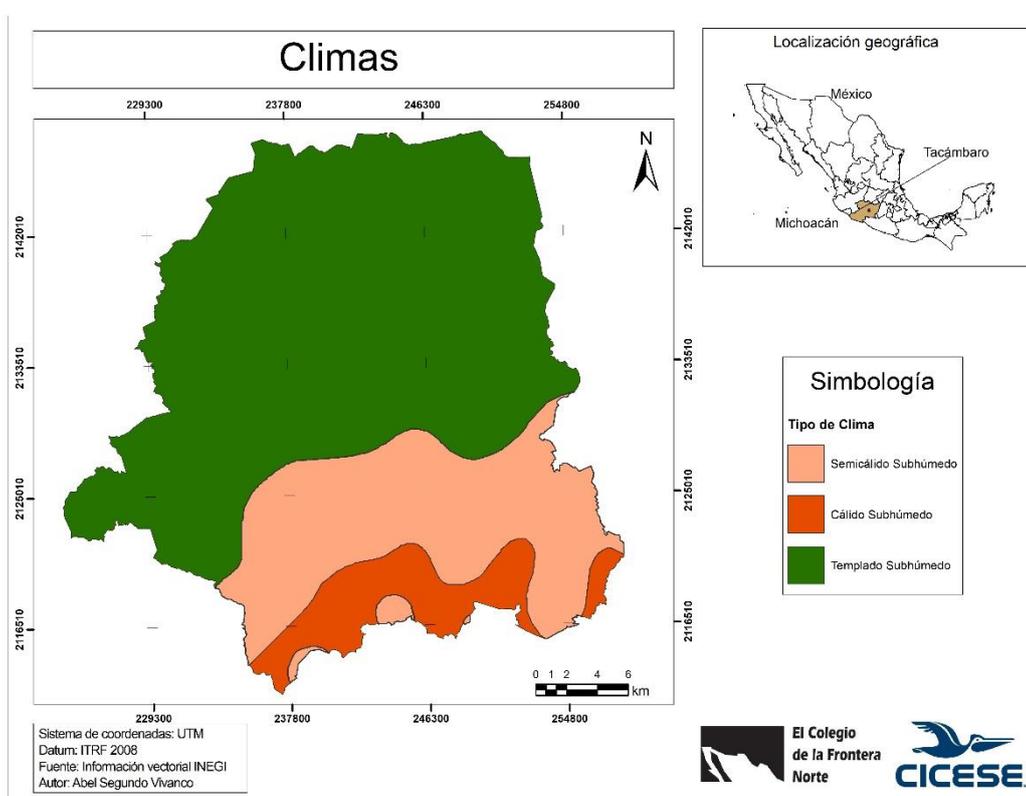
Mapa 1. Localización de la zona de estudio



2.2 Clima

En el área de estudio, el clima es proporcional a la altitud, el tipo de clima de las partes entre 1600 y 2400 msnm es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad(C(w2)(w)) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad((A)C(w2)(w)); mientras que en las partes entre los 1600 y 1100 msnm el clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media ((A)C(w1)(w)) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (Aw1(w)). La temperatura media anual es de 20.3 °C con precipitación media anual de 1800 mm (INEGI a, 1985; CONAGUA, 2000).

Mapa 2. Climas del municipio de Tacámbaro



El clima juega un papel fundamental, ya que los procesos de cambio de uso de suelo de bosques forestales hacia huertas de aguacate se llevan a cabo en las zonas de clima templado ya que en estas zonas los cultivos de aguacate tienen un mejor desarrollo. Es así que en las zonas de clima templado existe una mayor pérdida de cubierta forestal debido al proceso descrito anteriormente.

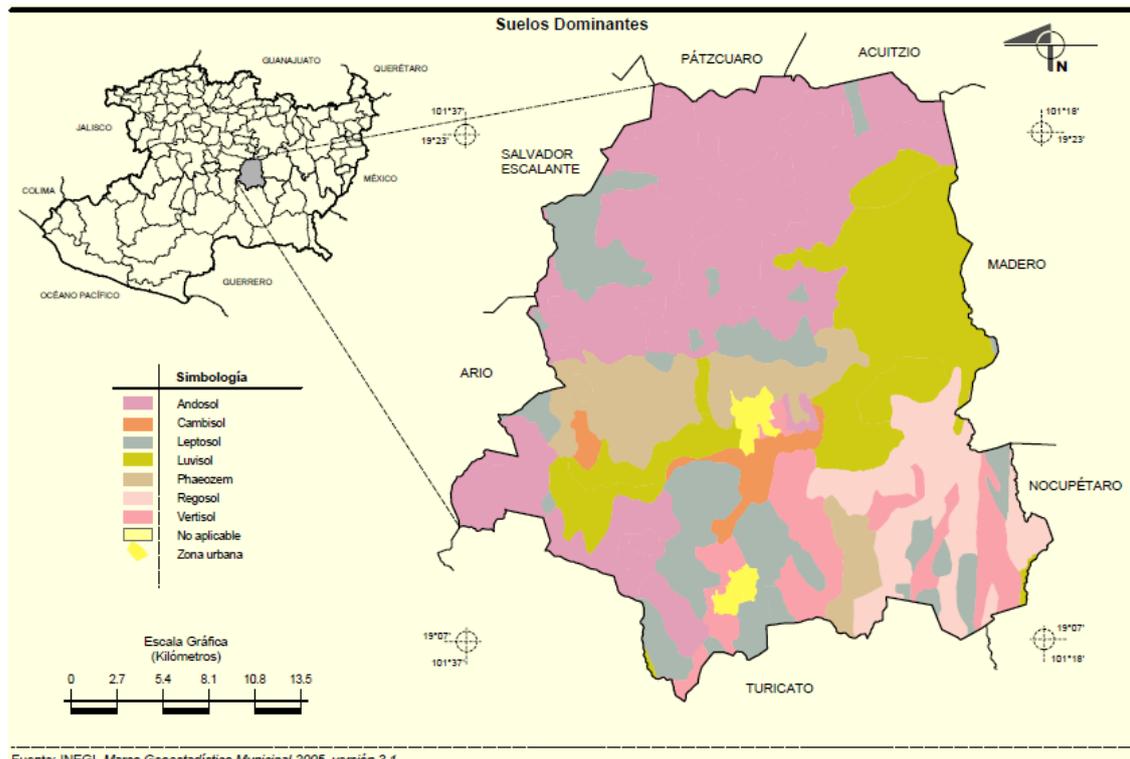
2.3 Suelos

En el área de estudio existen varios grupos de suelos, sin embargo de acuerdo a los datos del INEGI (1993) los grupos que están presentes en una mayor superficie de la zona de estudio son los siguientes:

- Andosoles: Son suelos de origen volcánico, con cenizas o material volcánico intemperizado. Tienen texturas franco limosas; en Tacámbaro son suelos con un contenido de carbono orgánico mayor a 5%; es decir, son fértiles con un contenido de 8.5% o más de materia orgánica.
- Cambisoles: Son suelos con transformación del material parental en un horizonte subsuperficial diferente; el horizonte que subyace puede ser distinto en color, en tipo de estructura o en la clase textural respecto al que está abajo. En Tacámbaro los Cambisoles tienen una saturación de bases mayor a 50%; lo que los hace fértiles.
- Luvisoles: Son suelos que tienen un alto contenido de arcilla (mayor a 8%) en el horizonte subsuperficial o endopedón. Las arcillas que acumulan en su interior estos suelos son de alta actividad, propiedad que se refleja en la capacidad de intercambio catiónico amplio.

De acuerdo con el INEGI estos suelos son los que presentan mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos de aguacate y a su vez son los que están presentes en las zonas que han sido modificadas en su uso de suelo para esta actividad. Como dato adicional es posible observar que este tipo de suelos comparten una ubicación similar con el tipo de clima más apto para el desarrollo del cultivo de aguacate, ver mapa y 3.

Mapa 3. Grupos de suelos del municipio de Tacámbaro

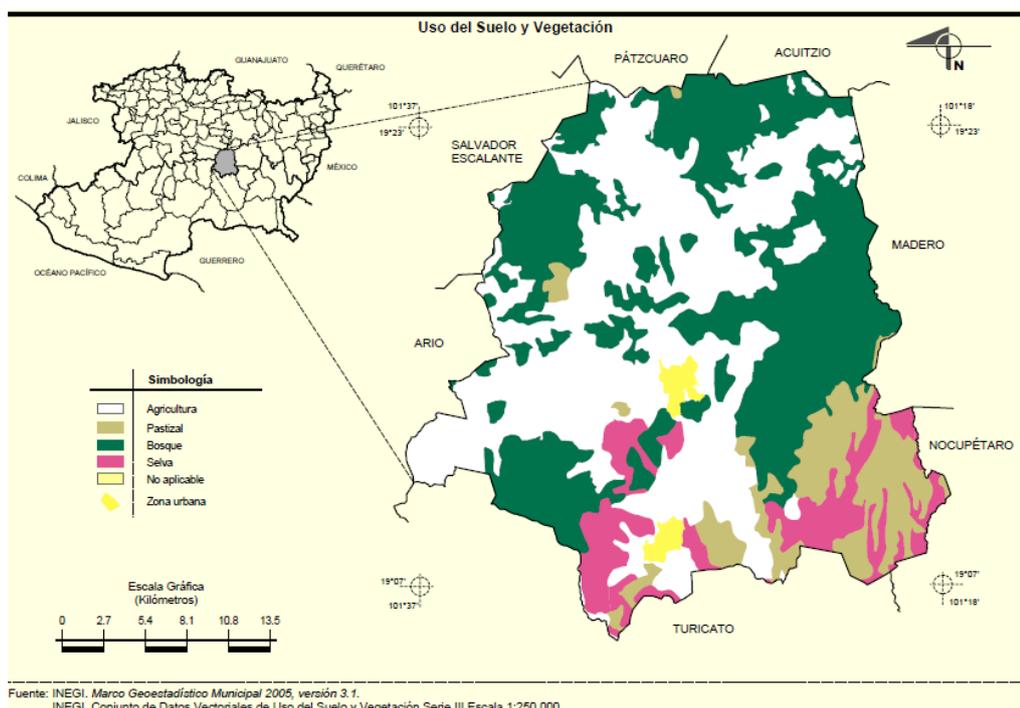


2.4 Cubierta vegetal

El municipio de Tacámbaro está ubicado en una zona de transición climática (se le conoce como el balcón de tierra caliente, por situarse entre el clima templado y el clima cálido), debido a esta característica en el área de estudio la vegetación que existe es diversa. En las zonas templadas se encuentra el bosque de pino y encino; mientras que en las zonas cálidas la vegetación es de selva caducifolia, con especies de parota, cuéramo, ceiba y huisache. La vegetación natural ocupa el 22.8% de la superficie total del área de estudio. El cultivo de aguacate es la cubierta que ocupa casi la mitad de la superficie con 48.5% de extensión (INEGI, 2009).

El cultivo de temporal y el matorral-pastizal inducido ocupan el 13.7% y 12.1% de la superficie total respectivamente. Mientras que los cuerpos de agua y las zonas sin vegetación aparente ocupan cada una el 0.2% de la superficie municipal (INEGI, 2009).

Mapa 4. Uso del suelo y vegetación en el municipio de Tacámbaro

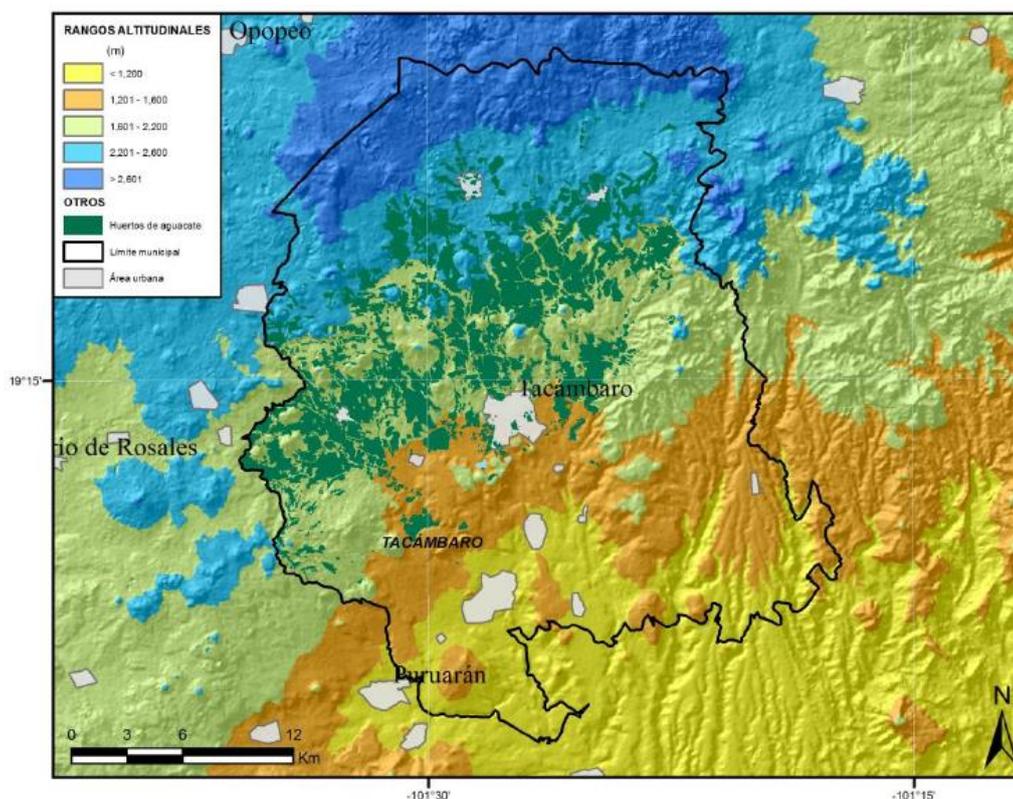


Dentro del mapa 4 se observa la distribución de la cubierta vegetal presente en la zona de estudio, la cual de manera rápida da un panorama general de cuáles son los principales tipos de vegetación que están relacionados con el cambio de uso de suelo; siendo el bosque y el pastizal las dos categorías que estando dentro de las zonas aptas en clima y suelo las que mayores modificaciones han recibido

2.5 Localización de los cultivos de aguacate

Anteriormente se explica que los suelos y la cubierta vegetal, están relacionados directamente con los cultivos de aguacate, por un lado los suelos aptos para este cultivo se encuentran en la parte norte del municipio, por otra parte la cubierta forestal está distribuida de manera muy similar a la distribución de los suelos, entonces si ambos se distribuyen de manera similar, ofrecen las condiciones necesarias para el cultivo del aguacate y, a su vez en las zonas con presencia de estos dos elementos es donde esta ocurrido el cambio de uso de suelo, ante esto es preciso señalar como se configura espacialmente la distribución de los cultivos. Se tiene que en Tacámbaro el 24% de su superficie está ocupada por cultivo de aguacates. Esta superficie se distribuye de manera continua a lo largo del centro del municipio, abarcando altitudes entre 1200 y 2600 msnm. (Ver mapa 6). La mayor parte de la superficie aguacatera se concentra dentro de los límites altitudinales más apropiados para el aguacate (1600 – 2200 msnm). Aunque, también hay una alta proporción de dicha superficie se extiende por encima del hábitat aguacatero (> 2200 msnm), estando expuesta a las frecuentes heladas que ocurren a esas altitudes en la zona (INIFAP, 2009).

Mapa 5. Distribución de los cultivos de aguacate en el municipio de Tacámbaro



Fuente: COFUPRO, CIGA 2012

2.6 Contexto demográfico

De acuerdo con el Censo de Población 2015 (INEGI, 2015) el municipio de Tacámbaro cuenta con una población total de 76,661 habitantes de los cuales 37,264 son hombres y 39,397 son mujeres. El mayor volumen de la población se sitúa entre los 11 y 59 años de edad. El 46.33% de la población tiene menos de 15 años de edad, 50.31% tiene entre 16 y 59 años de edad, y sólo el 3.368% tiene 60 años o más (INEGI, 2015). El 55.9% de la población municipal habita en localidades rurales y el 44.1% restante habita en localidades urbanas. (INEGI, 2015).

En el municipio existen alrededor de veinte mil viviendas, de las cuales el 77.21% cuentan con agua dentro de la vivienda, 28.73% con agua fuera de la vivienda y el 14.84% no cuentan con agua (INEGI, 2009), siendo las zonas rurales las que presentan un mayor porcentaje de viviendas sin acceso al agua. Respecto al drenaje el 69.85% cuenta con él, mientras que el 30.15% no posee este servicio.

Cuadro 1. Situación de las Viviendas en el área de estudio

Viviendas, acceso a agua potable y drenaje					
Total	Con agua dentro	Con agua afuera	Sin agua	Con drenaje	Sin drenaje
19 045	14 705	5 472	2 828	13 302	5 743
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda INEGI, 2015.					

El área de estudio presentan un nivel de escolaridad bajo, ya que el grado promedio de escolaridad tanto general como masculino y femenino se sitúa en un promedio de 7.34 años aprobados, que equivalen a concluir el nivel de educación primaria y el nivel secundaria trunco.

Cuadro 2. Grado promedio de escolaridad en la zona de estudio

Grado promedio de escolaridad		
General	Masculino	Femenino
7.30	7.15	7.57
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda INEGI, 2015.		

Por otro lado la población económicamente activa (PEA), es de más de veintisiete mil habitantes, que representan el 48.70% de la población total del municipio. De los cuales el 72.40% son hombres y el 7.29% mujeres. Esto se debe a que la zona es una de las más importantes dentro de la producción de aguacate y su oferta laboral está dirigida a la población masculina.

Cuadro 3. Población Económicamente Activa

Población Económicamente Activa			
Total	Total PEA	PEA Masculina	PEA Femenina
76 661	27 902	20 201	7 701
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda INEGI, 2015.			

En el cuadro 4 se observa que en contraposición a la PEA, la población económicamente inactiva (PEI), está conformada por un 72.46% de mujeres y de 27.27% de hombres, hecho que es explicado por la mayor ocupación de los hombres en las actividades agrícolas del área de estudio, frente a la poca ocupación de las mujeres, niños y adultos mayores, que representan cerca del 80% de este grupo de población.

Cuadro 4. Población Económicamente Inactiva

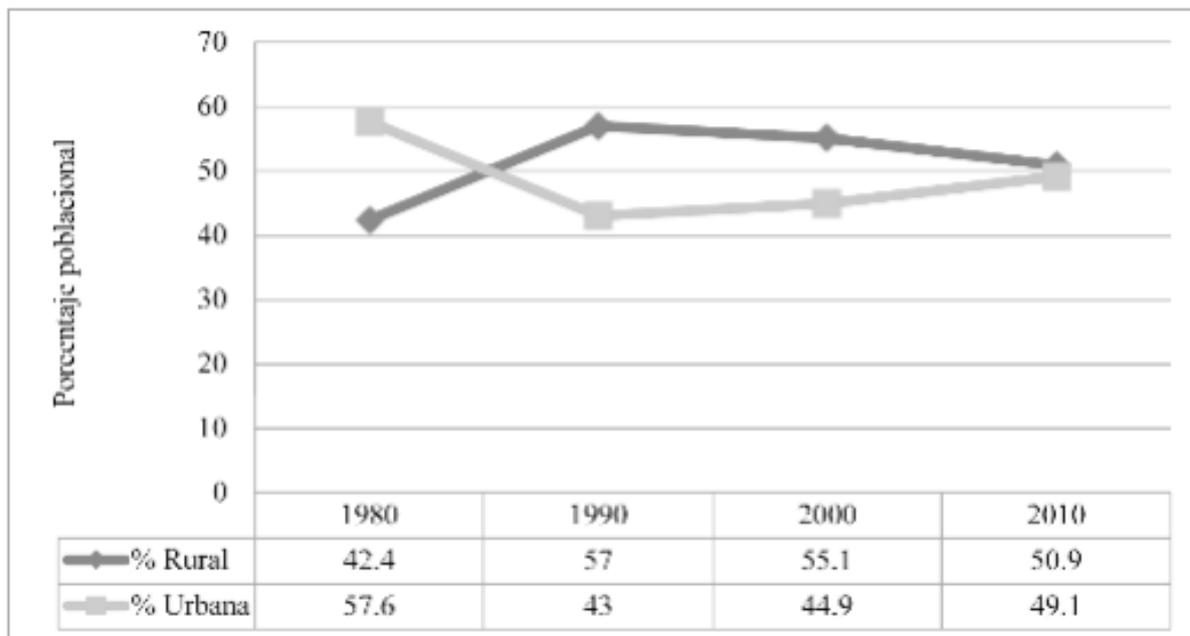
Población Económicamente Inactiva			
Total	Total PEI	PEI Masculina	PEI Femenina
76 661	29 178	8 036	21 142
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda INEGI, 2015.			

Los datos demográficos mostrados en los cuadros anteriores ofrecen un panorama general de cómo está conformada la población en la zona de estudio, esto es importante conocerlo porque a partir de estos datos pueden entenderse de mejor manera las relaciones existentes entre la población y los procesos generados por el cambio de uso de suelo a cultivo de aguacate, además de que el indicador de PEA, al ser el empleo el principal medio de integración de la población al proceso de producción y distribución de bienes y servicios, ya que se observa que está conformada en su mayoría por hombres, lo cual tiene relación directa con el hecho de la presencia de amplias zonas con cultivo de aguacate, lugares donde la mayoría de la PEA masculina se ocupa.

2.7 Configuración del espacio rural y urbano

Tacámbaro en relación a los indicadores de clasificación de la población urbana y rural reporta el siguiente comportamiento: en 1980 fue un municipio urbano; para 1990 y el año 2000 se convierte en un municipio mayormente rural. A partir de 2010 se inicia un patrón hacia la urbanización. (Ver Figura 1).

Figura 1. Tendencia de la urbanización en la población de Tacámbaro. 1980-2010

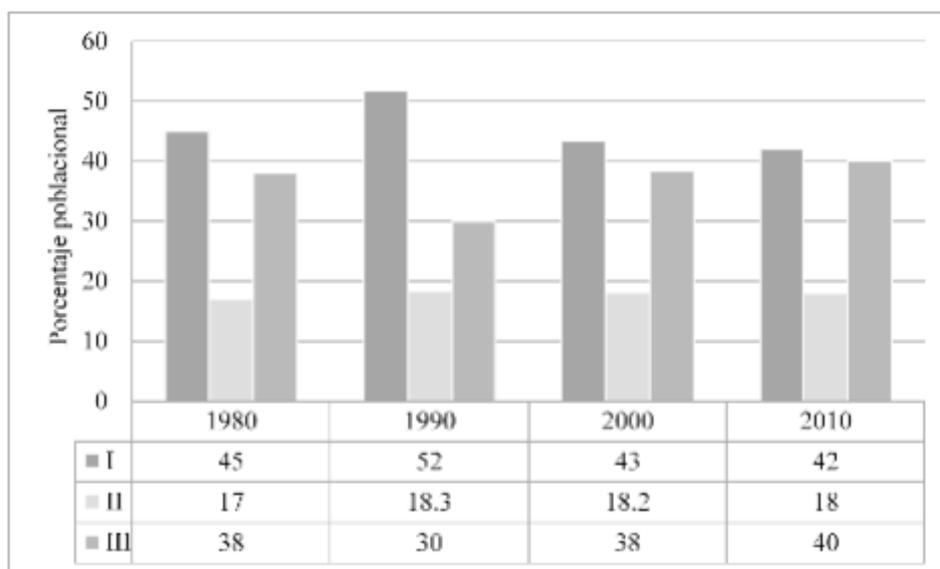


En la década de los ochentas, en Tacámbaro la población se concentró mayormente en las localidades urbanas debido a la importancia de la industria azucarera establecida en la localidad de Pedernales, hecho que favoreció el crecimiento urbano de Tacámbaro, pero una vez que esta actividad decayó, también la población se dispersó hacia comunidades rurales. Para la década de los noventas y el año 2000 con los acuerdos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el cultivo de aguacate tomó fuerza en las localidades pequeñas cercanas a las huertas y es así que se inicia el traslado de los habitantes hacia las localidades rurales donde existía cultivo de aguacate (De la Tejera, 2015).

En este sentido las localidades rurales no perdieron su importancia, ya que además en ellas se iniciaron procesos de urbanización tanto en las más pequeñas como en las de tamaño mediano, ya que las relaciones poblacionales, económicas y comerciales derivadas de la producción y comercialización del aguacate se dan de manera intensa entre localidades rurales-urbanas, rurales-rurales, urbanas-urbanas y urbanas-rurales. Con esto no se puede

negar la importancia del cultivo del aguacate como impulsor de las actividades primarias y del conjunto de la economía en el municipio de Tacámbaro. La presencia del cultivo de aguacate juega un papel importante en relación a la ocupación de la población, ya que incide en el tipo de sector económico predominante (López, 2009). En la figura 2 se observa que los datos para los periodos analizados presentan tendencias estables entre los tres tipos de sectores en los cuatro periodos analizados, es así que estos datos ofrecen un panorama de la dinámica de configuración poblacional del municipio, de su estructura ocupacional y del comportamiento general de la producción agrícola. De acuerdo a Acosta (2009) la importancia del cultivo de aguacate se manifiesta en el hecho de que a lo largo de los 50 años la configuración espacial del municipio ha estado determinada por este, y además condiciona la configuración de ocupación de los sectores económicos en Tacámbaro.

Figura 2. Población ocupada por sector económico en Tacámbaro. 1980-2010



Fuente: Censo de población y vivienda INEGI, 1980, 1990, 2000 y 2010

2.7.1 Procesos rurales-urbanos

En el municipio de Tacámbaro las relaciones rurales y urbanas han sido influenciadas por la dinámica económica que genera el cultivo de aguacate, ya que este ha superado las expectativas de expansión formuladas en 1999 por el INIFAP, haciéndose evidente que el cambio de uso de suelo hacia los cultivos de aguacate es uno de los principales procesos en los espacios rurales del municipio (Paré, 2010). En el caso del municipio la actividad agrícola (cultivo de aguacate) y no la industria, como sucede en la mayoría de ciudades, es la que ha generado el crecimiento urbano del municipio, además de dar una dinámica económica al municipio. (De la Tejera, 2013). En este sentido la producción de aguacate en Tacámbaro ha generado una derrama económica que ha incentivado la aparición de un número importante de empresas, establecimientos comerciales diversos y la oferta de servicios especializados en materia educativa, de finanzas y transporte para interconectar a las diversas localidades del municipio (Bárcenas, 2015).

Bárcenas (2015) señala que si bien en el crecimiento urbano que se ha dado en las localidades urbanas de más de 25 000 habitantes y en las medianas de más de 2 500 habitantes, no ha desdibujado las áreas rurales y la actividad agrícola, sino por el contrario, se ha establecido una relación intensa y compleja entre la agricultura comercial centrada en el cultivo de aguacate y el resto de actividades económicas. Espacialmente se puede ver claramente los principales núcleo de población urbanos, rodeados de las áreas agrícolas, que no sólo no han disminuido, sino que se han extendido a lo largo del territorio municipal. Además el autor también menciona que en la actualidad, el proceso de urbanización inicia una dinámica de crecimiento disperso hacia la periferia, creando la absorción de sus localidades más próximas y se está iniciando la construcción de complejos inmobiliarios en áreas forestales.

Entonces las principales transformaciones presentes en Tacámbaro ha sido las tendencias de urbanización pero manteniendo más de la mitad de su población en núcleos considerados rurales, también una mayor tercerización de su ocupación poblacional pero con una estructura ocupacional predominantemente ubicada en el sector primario y a una orientación al monocultivo agrícola a partir del auge en la producción mercantil y en una medida considerable de aguacate orientado a la exportación y mercados nacionales. También existe proceso de mayor articulación de las zonas rurales con las urbanas, y de las zonas rurales entre sí, el cual es un proceso de urbanización donde la actividad agrícola no sólo no ha

disminuido su importancia económica, sino que ha sido el detonador de la urbanización., ya que los centro urbanos integra a las localidades periféricas rurales (Bárceñas, 2015)

2.8 Contexto socioeconómico de la producción de aguacate en el municipio de Tacámbaro

Hasta 1997 el mercado estadounidense se mantuvo cerrado al aguacate mexicano, esto bajo el supuesto de que el fruto producido en el país estaba contaminado con el barrenador del hueso y con la mosca de la fruta, tras llevarse a cabo un protocolo de seguridad agrícola el 15 de octubre de ese año que se le permitió la entrada al aguacate de algunos municipios del estado de Michoacán, entre ellos Tacámbaro, al mercado de EE-UU. A partir de esta fecha el valor de las exportaciones de aguacate, según datos del INEGI, ha aumentado a una tasa promedio anual del 25%, factor que propicia que la derrama económica del cultivo de aguacate, genere un impacto positivo en la economía municipal, aumentando el ingresos de los productores, la creación de empleos directos e indirectos, y reduzca el índice de migración en el municipio (Marín, 2012).

2.8.1 Generación de empleo

La producción de aguacate representa una aportación importante a la economía municipal, siendo una fuente importante de divisas para Tacámbaro por las exportaciones de este fruto, además de ser una actividad que de acuerdo con Chávez, G., Tapia, L. Bravo M. *et al* (2012) ha generado 27 mil empleos directos, y 17 mil empleos indirectos permanentes, dando un total de 44 mil empleos. Algunos de los empleos indirectos son los de servicios asociados al cultivo de aguacate, como el establecimiento de empresas distribuidoras de agroquímicos, servicios de irrigación y de asesoría agronómica. La generación de empleos de la industria del aguacate ha sido un incentivo para el crecimiento de la superficie establecida con huertos de aguacate, es decir ha sido un motor del cambio de uso de suelo en el municipio de Tacámbaro.

2.8.2 Disminución de la pobreza

Con el inicio de la exportación del aguacate hacia EE.UU., el aumento en la producción y en el valor económico del aguacate en el mercado, se han generado las condiciones para que la pobreza haya disminuido en el municipio de Tacámbaro, ya que de acuerdo a las cifras del CONEVAL, en el periodo 2000-2015 hubo una disminución de la pobreza en el municipio de Tacámbaro. Esta reducción se dio en los tres tipos de pobreza que mide el CONEVAL; alimentaria, de capacidades y la patrimonial. Para el año 2015 los tres tipos se han reducido de manera importante, siendo la pobreza patrimonial la que ha en mayor porcentaje se ha reducido (40.80%) con respecto al año 2000, la de capacidades disminuyó 21% y la alimentaria 15.6% con respecto a los valores mostrados en el año 2000.

Cuadro 5. Evolución de la pobreza en el municipio de Tacámbaro

Tipo de pobreza			
Año	Alimentaria	Capacidades	Patrimonial
2000	37.70	48.00	67.80
2010	26.10	36.00	63.30
2015	24.10	27.00	27.00

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CONEVAL 2000, 2010 y 2015

2.8.3 cambios en los índices de migración

Se sabe que el estado de Michoacán se caracteriza por tener un fuerte flujo migratorio, principalmente a Estados Unidos, y Tacámbaro al ser uno de los 113 municipios de este estado no queda fuera de esta fuerte historia de migración hacia EE.UU. Sin embargo de acuerdo a Marín (2012) se ha observado un descenso en los índices de intensidad migratoria, (ver cuadro 6). Esto se explica debido a que las dinámicas relacionadas con el cultivo de aguacate han favorecido la generación de empleo y por ende se han creado mejores oportunidades de empleo, se ha reducido la pobreza, las localidades se han favorecido por los procesos de urbanización y las nuevas relaciones que esta urbanización ha generado, las cuales han motivado a la población a no migrar y establecerse en sus localidades de origen.

Cuadro 6. Índice de intensidad migratoria en el municipio de Tacámbaro

Índice de intensidad migratoria		
2000	2010	Diferencia
0.90	0.72	0.18

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CONEVAL 2000, 2010 y 2015

III. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

En este capítulo se explica cuáles son los conceptos teóricos bajo los cuales se desarrolló la investigación, aclarando la diferencia entre los términos de cobertura, uso de suelo y cambio de uso de suelo, los cuales pareciera son los mismos, pero tienen sus diferencias, aunque están directamente relacionados.

3.1 Cobertura del terreno

El término cobertura del terreno, se aplica a aquellos objetos que se localizan sobre la superficie del planeta y que pueden ser de origen natural (bosques, suelos, glaciares, ríos, lagos, entre otros); o producidos por el hombre (carreteras, ciudades, presas, etc.); está determinada por factores biofísicos, como son el clima, topografía, tipo de suelos, disponibilidad de agua y el tipo de vegetación (López, 2006). Dentro del concepto de cobertura del terreno existen dos subcategorías; la primera es la cubierta del suelo (*Land Cover* en inglés) que se refiere al material o elemento que cubre el suelo y a la forma física de la superficie del terreno que puede ser identificada visualmente en campo o a través de medios de percepción remota. La segunda es la cobertura (*Coverage* en inglés) que se utiliza especialmente en relación con la vegetación y se define como el porcentaje de la vegetación que cubre la superficie del suelo, es decir, la densidad de la cubierta vegetal.

3.2 Uso de suelo

El uso del suelo se refiere a la manera en la cual las coberturas son utilizadas por el hombre, para satisfacer sus necesidades naturales, materiales, económicas y espirituales. En otro contexto el uso de suelo describe las actividades que el hombre desarrolla sobre la superficie terrestre. Por otro lado el uso de suelo (*Land Use* en inglés), expresa el aprovechamiento o los fines económicos que se les da a las diversas cubiertas existentes en el terreno. Sabin (1999) define el concepto uso del terreno o *Land Use* como una porción del terreno que es utilizada ya sea para agricultura, zonas residenciales, zonas industriales, entre otras. En este sentido La FAO (2009) clasifica el uso de suelo en nueve tipos; 1) Agricultura (producción de cultivos); 2) Agricultura mixta; 3) Ganadería; 4) Forestal; 5) Protección de la naturaleza; 6) Asentamientos humanos o industria; 7) Área militar; 8) Otros usos del suelo; y, 9) Sin uso ni manejo. Para la investigación los usos de suelo más importantes son la agricultura, agricultura mixta, forestal, protección de la naturaleza y asentamientos humanos.

La cobertura del terreno y el uso de suelo, son muy importantes ya que ofrecen información sobre la configuración del medio ambiente en relación con las actividades humanas. Dentro de estas definiciones de ambos terminos, se hace necesario mencionar que un tipo de cobertura puede involucrar diferentes usos (por ejemplo un bosque puede tener usos forestales, de conservación y residencial), de la misma forma un uso de suelo puede involucrar diferentes categorías de cobertura (por ejemplo, en México, la actividad pecuaria se puede desarrollar en pastizales, tierras de cultivo, matorrales e inclusive bosques). La relación entre el tipo de cobertura y el uso del suelo, no es una relación única, puede ser de un tipo de cobertura a un uso específico, de un tipo de cobertura a diferentes de usos, y de diferentes coberturas a diferentes usos (Meyer y Turner 1994).

Los diversos usos que los humanos le asignan al suelo constituyen un tema de primordial importancia debido al creciente papel del hombre en su transformación y su degradación (Lambin y Geist, 2006). En los últimos años el desarrollo científico y tecnológico le han brindado al hombre una mayor capacidad para alterar o perturbar el lugar que habita, ocupando posiciones cada vez más dominantes dentro de la estructura y dinámica de un territorio, llevando así a un proceso de cambio de uso de suelo. (García y Muñoz, 2002).

3.3 Cambio de uso de suelo

El cambio de uso de suelo se define como; la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales (SEMARNAT, 2008). Asimismo el cambio de uso de suelo se puede concebir como la suma de las transiciones físicas del uso del suelo asociado a las acciones humanas a través del tiempo. Sin embargo las interacciones humano-ambientes en muchas ocasiones no pueden ser observadas en un periodo corto de tiempo, ya que una actividad humana puede ocasionar daños al ambiente, pero tales efectos solo pueden ser visualizados en un periodo de tiempo largo (López *et al.*, 2001).

El cambio de uso de suelo también se refiere a la dinámica de las prácticas de apropiación del territorio (Velázquez, *et al.*, 2014). La cual depende de cómo la gente toma decisiones entorno al uso de suelo y como los diversos factores en contextos específicos, a escala local, regional o global, tienen influencia en esas decisiones (Geist, *et al.*, 2006). Entre los factores que promueven el cambio de uso de suelo, están los biofísicos, económicos, tecnológicos, demográficos, institucionales y culturales (Geist, *et al.*, 2006). Si bien todos estos factores vuelven el cambio de uso de suelo un proceso complejo, donde se necesitan respuestas más

allá de las basadas en el crecimiento demográfico o la pobreza, Geist y Lambin (2002) señalan que las causas inmediatas del cambio de uso de suelo son aquellas actividades que afectan directamente las cubiertas, como la agrícola, la extracción maderera y la expansión de la infraestructura; sin embargo, la expansión agrícola es, por mucho, la principal causa asociada a la deforestación mundial. Hecho que justifica a esta investigación, ya que además también mencionan que las razones de la intensificación de la agricultura son provocadas por la escasez de tierras, por los mercados que regulan los tipos de cultivo, y la intervención del estado, instituciones u ONG con proyectos que promueven el desarrollo en una región o sector económico.

Los cambios de uso de suelo afectan los flujos de materiales y energía que sustentan la biosfera, alterando las fuentes de donde provienen y los lugares donde se almacenan (Lambin y Geist, 2006). Los impactos causados por el cambio de uso de suelo y cubiertas sobre los bienes y servicios ecosistémicos, son amplios (Lambin y Geist, 2006) y van desde la deforestación, pérdida de biodiversidad, escases de agua, alteración en los ciclos del agua y del clima, además de conflictos entre los diferentes actores sociales. Ante el cambio de uso de suelo, es importante determinar cuáles son de los factores que causan el cambio, lo que a su vez requiere una comprensión de cómo las personas toman decisiones sobre el uso de suelo, de cuáles son los factores que influyen en la toma de decisiones y de cómo estos factores interactúan en contextos específicos a escala local, regional o global para influir en esa toma de decisiones (Geist, *et al*, 2006). Y Aunque los factores económicos parecen jugar un fuerte rol en la toma de decisiones, autores como Geist (2016) demuestran que los cambios de uso de suelo son el resultado de las respuestas individuales y sociales a las condiciones presentes, pues los usuarios tienen varias motivaciones, memorias colectivas e historias personales, que junto a sus actitudes, valores, creencias y percepciones individuales afectan las decisiones en torno al uso del suelo.

Como punto de reflexión y como otra justificación de la investigación, se ha identificado que los ecosistemas de bosque de pino y encino son los más utilizados por el hombre para el establecimiento de sus asentamientos y para la siembra de sus cultivos más importantes, además varios autores consideran que estos ecosistemas son los que han sufrido una mayor transformación por estos usos y, por lo tanto, están entre los ecosistemas menos conservados en el país (Challenger, 2003).

A continuación se definen cuáles son los principales impactos que genera el cambio de uso de suelo, que para efectos de la investigación están relacionados con el cambio de uso de suelo que ha favorecido la expansión de zonas de cultivo de aguacate en el municipio de Tacámbaro.

3.3.1 El cambio de uso de suelo y la deforestación

La producción de aguacate en el municipio de Tacámbaro presenta un notable crecimiento en las últimas décadas, dicho crecimiento no solo se ha dado en los volúmenes de cosecha, sino también en la ampliación de las zonas en donde se cultiva, lo cual ha generado un cambio de uso de suelo forestal a huertas de aguacate. La deforestación del bosque templado en el municipio de Tacámbaro, se debe a la similitud de las condiciones climáticas que necesitan los bosques de pino-encino y las huertas de aguacate (Vidales, 2009). Dicha deforestación se extiende aun cuando son áreas que tiene algún aprovechamiento forestal, así como las que carecen de ello (Cuevas, M. L., Garrido, A., Pérez, J. L. y González, D.I., 2010). Este aumento en la deforestación por el cambio de uso de suelo de bosque a aguacate se acentuó a partir de 1997, debido al crecimiento de las exportaciones, hacia Europa y Asia, además de la firma del TLCAN (Echánove, 2008).

Dentro del proceso de cambio de uso de suelo autores como Bocco y Garibay (2007) señalan que existe una relación directa en el cambio de uso de suelo, entre el bosque y la superficie agrícola, para incrementar las tierras de cultivo. Toledo, et al. (2009) menciona que el cambio de uso de suelo de bosque destinado a huertas de aguacate es de aproximadamente el 19.8% de la nueva superficie de aguacate. Los mismos autores señalan que con los datos del SIAP, se puede establecer que gran parte del cambio de uso de suelo es debido a la conversión de bosque a huertas de cultivo de aguacate.

Otras implicaciones que tiene la deforestación provocada por el crecimiento de la producción de aguacate, con un carácter de transcendencia social, es que beneficia a los productores en el corto plazo, pero al transcurrir los años existe la posibilidad de causar escasez de agua, debido a que la cubierta forestal juega un papel decisivo en la recarga de acuíferos y estabilidad del ciclo hidrológico, y al no estar presente genera desequilibrios que afectan a la población y al propio riego agrícola.

3.3.2 El cambio de uso de suelo y el problema del agua

El agua es un recurso fundamental para la vida, sin embargo actualmente existe con una grave crisis del agua (WWAP, 2003), debido a que las aguas dulces del mundo se han convertido en un bien escaso, amenazado y en peligro (Toledo, 2006).

Los ecosistemas de agua dulce son fundamentales para preservar la biodiversidad y el bienestar humano, pero estos están siendo intensamente modificados y degradados por las actividades humanas (Johnson, *et al*, 2001). Los factores de mayor impacto sobre los recursos hídricos son los cambios en el paisaje, derivados de la eliminación, destrucción o inutilización de los ecosistemas naturales, estos cambios, que son palpables en procesos de deforestación, urbanización y aumento de la agricultura, influyen de manera significativa en la calidad y cantidad de los caudales de agua (WWAP, 2003). Así mismo los bosques tienen un rol esencial en la provisión y regulación del agua; sin embargo, para el caso de estudio, la expansión de la superficie cultivada con aguacate y el aumento en ésta del uso del riego, comienzan a impactar de manera estacional la disponibilidad del agua, reflejándose con una tendencia decreciente en los caudales de los manantiales y en una disputa por el recurso con los productores de aguacate.

Ante esto se tiene que relación entre el cambio de uso de suelo e hidrología es de interés mundial (Calder, 1998). Sin embargo, muchos de los estudios sobre las consecuencias de cambio de uso de suelo no le han dado importancia. Muy a pesar de esta situación, *“hoy en día está reconocido que los cambios de uso de suelo tienen efectos substanciales sobre elementos atmosféricos claves del ciclo hidrológico, incluidos la evapotranspiración, precipitación y temperatura de la superficie del suelo”* (Stonestrom, *et al*, 2009, pp. 1). Existe un gran número de factores biofísicos que se entrelazan y controlan la ruta del agua en el ciclo hidrológico, tales como los topográficos, geológicos y climáticos, pero el suelo, la vegetación y los cambios en la cubierta y usos del suelo son los que más afectan el curso del agua (Toledo, 2006). Por ejemplo, la pendiente incrementa el flujo del agua, mientras que la densidad de la vegetación aumenta la infiltración (Dunne, *et al*, 1991). Por consiguiente, *“las decisiones de uso de suelo pueden potencialmente afectar la cantidad y calidad del agua”* (Kelly y Hilton, 2015, pp.1), pues en su tránsito por la tierra, el agua está expuesta a la superficie terrestre cuyas propiedades impactan la calidad y la cantidad de agua dulce, especialmente con el cambio de cubierta/uso de suelo (Lambin y Geist, 2006).

Asimismo, *“los bosques son importantes fuentes de abastecimiento para los acuíferos, debido a que los bosques, o la vegetación natural, tienen una alta tasa de infiltración, comparado con aquellos que han sido manejados, con otros tipos de vegetación y otros usos de suelo”* (Gonzaga Giraldo, 2002; Neris, *et al*, 2009, pp 8). Es por esto que, Zapata (2008) menciona que, aunque la cubierta arbórea en general favorece la infiltración, los árboles forestales son más eficientes aumentando la infiltración, que árboles frutales presentes en cultivos.

3.3.3 El cambio de uso de suelo y la pérdida de biodiversidad

Un importante servicio ambiental que brindan los bosques es la conservación de la diversidad biológica o biodiversidad, que se define como la riqueza total en composición y número de manifestaciones de las formas de vida en la naturaleza; incluye toda la variación y abundancia de genes, organismos, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y los procesos ecológicos de los que son parte (Sánchez, 2011).

Las causas principales del impacto negativo sobre la biodiversidad son la destrucción del hábitat, la sobreexplotación de las especies, la introducción de especies exóticas, el impacto de los agroquímicos, incendios forestales y otros. En muchas regiones de México y del mundo, y para este caso en el municipio de Tacámbaro, el principal factor que amenaza a los bosques es el cambio de uso del suelo, impulsado por la expansión agrícola, y para el caso de la zona de estudio, las huertas de aguacate. Entonces al ser ecosistemas que se transforman de zonas ampliamente diversas a zonas de monocultivos, pierden la mayor parte de su riqueza biótica. Entonces una de las formas de determinar el estado de la biodiversidad es mediante la cobertura y extensión de la vegetación natural, que para el caso de estudio se relaciona con la pérdida de bosques a costa del crecimiento de las huertas de aguacate.

En este sentido en el municipio de Tacámbaro, uno de los principales factores de presión sobre la diversidad biológica, específicamente sobre la flora y la fauna silvestre, es la degradación o destrucción de su hábitat por deforestación causada por la expansión de las huertas de cultivo del aguacate. *“Esto tiene como consecuencia la disminución en la extensión de los ecosistemas forestales mediante su fragmentación, aunado a la erosión del suelo y la pérdida de elementos estructurales y funcionales del hábitat, con la consecuente pérdida de diversidad”* (Carranza, 2005., pp).

3.4 Modelos en el cambio de uso de suelo

Con las nuevas tendencias de ocupación del hombre y su cada vez mayor capacidad para transformar los ecosistemas, los estudios de cambio de uso de suelo son de gran importancia para las ciencias ambientales y sociales. En este sentido la mayor parte de los cambios ocurridos en los ecosistemas terrestres se deben a;

- Conversión de la cobertura del terreno
- Degradación del terreno
- Intensificación en el uso del terreno.

“Estos procesos, usualmente englobados en lo que se conoce como deforestación o degradación forestal, se asocian a impactos ecológicos importantes en prácticamente todas las escalas” (Bocco, et al., 2001:18). Dada la cantidad de variables que influyen en los procesos de transformación de los ecosistemas y de las características intrínsecas del territorio (relieve, topografía, tipos de suelo, entre otros), Sahagún-Sánchez (2011), explican que los modelos espaciales han resultado ser herramientas útiles para manejar y analizar la información sobre la dinámica de cambio de uso de suelo través de estos modelos, denominados espacialmente explícitos, mediante los cuales es posible generar amplios panoramas relacionados con los cambios en el uso de suelo, los procesos de deforestación y poder determinar de una manera óptima sus impactos sobre los ecosistemas (Delphin 2016).

La medición de los cambios de uso de suelo a través de la percepción remota junto con las herramientas de análisis que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica para modelar los procesos de cambio es una forma muy eficaz para comprender la dinámica de cambio de un territorio. Los modelos de cambio de uso se han transformado en una poderosa herramienta de análisis espacial orientada, principalmente, a los siguientes aspectos:

- Explorar los variados mecanismos que fuerzan los cambios de uso del suelo y las variables sociales, económicas y espaciales que conducen a esto
- Proyectar los potenciales impactos ambientales y socioeconómicos derivados de los cambios en el uso del suelo
- Evaluar la influencia de alternativas políticas y regímenes de manejo sobre los patrones de desarrollo y uso del suelo

Los modelos de cambio de uso del suelo usan parámetros simples, incluyendo la extensión de las actuales áreas urbanas, las principales vías de transporte, la distancia a los mercados de trabajo, bienes e insumos, las condiciones topográficas y la existencia de tierras en situación especial). El punto principal en el esfuerzo de la modelación, es la identificación de los factores físicos y socioeconómicos que determinan o condicionan la presión sobre el cambio de uso del suelo en un territorio determinado.

Dentro de la modelación de patrones espaciales de los cambios de uso del suelo: los modelos más usados son los basados en regresión, y los modelos con base en transición espacial. Los primeros establecen relaciones entre un amplio rango de variables predictivas y las probabilidades de cambio de uso del suelo. La influencia de factores locales sobre el cambio de uso es tradicionalmente modelada con la función de decaimiento de distancia, donde la influencia decrece con el incremento de esta medida (Theobald y Hobbs, 1998; Weng, 2002). Por otro lado, los modelos basados en transición espacial comprenden, principalmente, las técnicas estocásticas basadas en el método de Cadenas de Markov (Pontius y Malanson, 2005). Estos modelos asumen explícitamente que las áreas vecinas influyen en la probabilidad de transición del área o celda central.

El objetivo de estos modelos es establecer relaciones funcionales entre un conjunto de variables debidamente especializadas que, posteriormente, son usadas para estimar la localización de los cambios sobre el territorio. Los valores de las variables y los casos reales de cambio de uso del suelo son normalmente observados a partir de datos históricos obtenidos desde imágenes satelitales o fotografías aéreas verificadas en terreno.

Si bien los modelos que ayudan a modelar los cambios del uso del suelo, muestran datos confiables y precisos, no serán de utilidad si no se conocen los aspectos que están generando este cambio. Lambin et al., (citado en Aspinall y Hill, 2008) observan tres requisitos para entender el cambio de uso de suelo:

- Enlazar el comportamiento de las personas y sociedad en su interacción con el uso de suelo
- Comprender el tipo de relaciones que establece la sociedad con su ambiente
- Un criterio multi-temporal para incorporar los eventos pasados y presentes, en el contexto de la interacción de la sociedad con el ambiente.

El enfoque necesario para estudios de cambio de uso de suelo debe además considerar características tales como;

- La complejidad de las causas que propician el cambio
- Diferencias e interrelaciones entre uso del suelo y cobertura del suelo
- Interacción de los procesos socioeconómicos y biofísicos
- Escalas multi-temporales y multi-espaciales en las que operan los procesos
- Los múltiples enlaces entre el territorio y la población
- Importancia de los distintos factores sociales, demográficos, económicos, políticos y culturales en la toma de decisiones
- El uso combinado de métodos cualitativos y cuantitativos.

Ya que si no se hace de esta manera, no se puede lograr un análisis integral, ya que por sí solo, la identificación y medición de los cambios, no puede entenderse, podría decirse que solo son números que muestran cambios en el territorio pero al no acompañarse del análisis de sus interrelaciones no tendría sentido, sin embargo si estas interrelaciones se integran, se le está agregando mayor valor al análisis realizado.

3.5 Estado del arte en los estudios de cambio de uso de suelo

Existe un gran número de métodos para la detección de cambios, que han sido puestos en práctica y han sido probados, no existe uno mejor ni peor, esto depende de varios factores: área de estudio, la información que se dispone para el área de estudio, conocimientos del autor y su habilidad para el manejo de los datos provenientes de los sensores remotos. En México existen diversos autores que han realizados trabajos sobre cambio de uso de suelo.

Bocco et al., 2001 realizaron un estudio sobre la dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán con la finalidad de contribuir a mejorar la comprensión de los procesos de cambio de cobertura en el tiempo a nivel regional, mediante la detección e interpretación cartográfica y digital, así como el análisis de los patrones de cambio de cobertura y uso de suelo. Dentro de sus resultados obtuvieron que el 20% de la superficie con bosque y selvas sufrió un proceso de degradación. Los cambios más importantes tanto para bosques como para selvas ocurrieron en zonas relativamente remotas, con baja presión demográfica y aparentemente, los procesos de pérdida y deterioro de bosques y selvas ocurren más por un descontrol en la actividad forestal que como resultado de una política explícita de desarrollo económico no sustentable.

Mendoza et al., 2002, realizaron un estudio sobre las implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo a nivel regional para el lago de Cuitzeo en Michoacán el estudio comprendió los años 1975 a 2000, los resultados del estudio fueron producto de la integración de herramientas de percepción remota y sistemas de información geográfica. Los autores llegaron a la conclusión que las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca no se modificaron sustancialmente. Sin embargo, en las zonas bajas de la cuenca existe una fuerte presión sobre el lago, lo cual lo impacta de manera directa, principalmente por contaminación y suministro de agua superficial al vaso.

García *et al.*, en 2001, analizaron la transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la reserva de la Biosfera Calakmul en el estado de Campeche. Los autores, a partir de una carta actual de uso de suelo y vegetación, evaluaron la situación actual de la reserva.

Castillo, 2001 realizó un estudio sobre la Dinámica de cambio de uso de suelo y emisiones de carbono en Selva lacandona, para el periodo de 1975 y 2000, utilizando como insumos fotografías aéreas, cartografía de vegetación y uso de suelo.

López (2006), evaluó el cambio de cobertura vegetal y uso del terreno en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán en un periodo de 24 años (1975-2000) en función del análisis de las variables ambientales y socioeconómicas a escala regional y local;

Flamenco (2007) analizó la dinámica y escenarios del proceso de cambio de cobertura y uso del terreno en una región de alta diversidad biológica, en el Ocote, Chiapas, para ello se elaboraron mapas de cambio y un modelo dinámico espacial para predecir futuros escenarios.

Para este trabajo se utilizó información proveniente de imágenes de satélite obtenidas de la Agencia Espacial Europea (AEE) a través del proyecto de Iniciativa para el Cambio Climático (ICC), y mediante técnicas de percepción remota se implementó un modelo basado en la clasificación supervisada de las imágenes para obtener los cambios en el uso de suelo en el municipio de Tacámbaro para el periodo 1992-2015

IV. MARCO METODOLOGICO

Analizar el proceso de cambio de uso y cobertura del suelo implica tres pasos principales: detección e interpretación cartográfica y digital del cambio, análisis de los patrones de cambio de cobertura y uso del suelo y el análisis de la causalidad del cambio de uso. En este capítulo se presentan las herramientas y la metodología que se usó en la investigación. Y a partir de los resultados obtenidos se dio respuesta a la pregunta de investigación, objetivos e hipótesis.

4.1 Materiales

Para obtener los valores del cambio de uso de suelo en el municipio de Tacámbaro se utilizó la información de la base de datos de la CCI, por sus siglas en inglés, (Iniciativa para el Cambio Climático) de la Agencia Espacial Europea (ESA). De esta base se obtuvieron las imágenes satelitales clasificadas en doce tipos de cubierta en para el periodo de 1992 al 2015.

Se decidió realizar el análisis del crecimiento del uso de suelo mediante estas imágenes satelitales, que ya contienen parte del procesos realizado, ya que como se explicó en el marco teórico, la obtención de los cambios solo es el primer paso para determinar cuáles son los procesos que están en juego en este fenómeno. Entonces una vez descargadas se les realizo otro proceso para poder adecuarlas y obtener los resultados de acuerdo a los objetivos marcadas para la zona de estudio.

4.1.2 Metodología empleada por la Iniciativa para el Cambio Climático de la ESA

La propia Agencia Espacial Europea señala que las observaciones desde el espacio proporcionan información única que ayuda enormemente a la comprensión y gestión exitosas del cambio climático. Cada vez es más claro que estas observaciones son críticas, e importantes, pero en ocasiones no son de fácil acceso. Y es ante la necesidad de que exista un programa que garantice la accesibilidad y disponibilidad para todos, que la Agencia Espacial Europea inicio el programa de Monitoreo Global de Variables Climáticas Esenciales, mejor conocido como la Iniciativa de Cambio Climático de la ESA, para proporcionar una respuesta adecuada, completa y oportuna al conjunto de requisitos para los productos basados en satélites a largo plazo para el clima, y todos los procesos relacionados

con este, como la disponibilidad del agua, aumento del nivel mar, cambio de uso de suelo y la pérdida de glaciares.

La iniciativa implementó un programa de trabajo que asegure que las responsabilidades y capacidades de los estados miembros de la ESA al abordar los asuntos del cambio climático se puedan llevar a cabo en una escala acorde con el problema. Dicho programa se basa en la entrega de variables climáticas derivadas de conjuntos de datos satelitales, tanto de la propia ESA, como de otras colaboraciones internacionales. Incluye todos los aspectos de su disponibilidad desde la adquisición y preparación de datos, calibración y validación, reprocesamiento y mantenimiento de algoritmos a largo plazo. El programa ESA reúne a expertos europeos que cubren casi todas las especializaciones científicas, técnicas y de desarrollo disponibles dentro de la comunidad europea de observación de la Tierra.

En el marco de la CCI, se definió como una variable climática esencial a la cobertura del suelo, la cual es definida como el material físico en la superficie de la tierra. Incluye hierba, asfalto, árboles, suelo desnudo, agua, etc. Además se establece que la cobertura del suelo influye en el clima al modificar los intercambios de agua y energía con la atmósfera y cambia los gases de efecto invernadero y las fuentes y sumideros de aerosoles. En este contexto, se creó el proyecto *Land Cover-CCI* (Cobertura de suelo de la Iniciativa para el cambio Climático) cuyo propósito es promover un mejor uso de los datos de los sensores satelitales disponibles para proporcionar una clasificación precisa de la cobertura terrestre y que pueda servir a la comunidad que requiera de estos modelos.

Es así que el proyecto *Land Cover-CCI* se ocupa de la generación de variables climáticas esenciales (ECV), mediante la revisión crítica de todos los algoritmos requeridos para la generación de un producto terrestre global, que ofrezca sistema prototipo que entregue de manera consistente la información de diversos instrumentos de observación de la tierra para diferentes periodos de tiempo a una resolución espacial moderada.

Entre los procesos que el proyecto *Land Cover-CCI* realiza a la información que fue retomada para la medición del cambio de uso de suelo, se encuentran los siguientes aspectos.

En primer se elaboró un archivo con la cobertura global a partir de los sistemas actuales de observación de la tierra y para garantizar la compatibilidad entre los diferentes sistemas se crearon algoritmos y métodos que procesaran los diferentes tipos de datos y hacerlo coincidir de forma coherente tanto en la escala espacial como temporal. Posteriormente se obtuvieron

los mapas con las coberturas vegetales a nivel global desde 1992 al 2015, se crearon registros de datos mundiales coherentes en tiempo y espacio para cada ECV. Así con el paso del tiempo se han modificado, reprocesado y ajustado los datos para ofrecer datos más precisos, los datos que se ofrecen al libre acceso solo se disponen hasta el año 2015, sin embargo recientemente la ESA ha otorgado acceso a datos más recientes, sin embargo ya no pudieron ser integrados a la investigación.

4.1.3 Características de la información del proyecto *Land Cover-CCI* de la ESA

El proyecto básicamente es un mapeo global de la cobertura terrestre anual a una resolución promedio de 300 metros. Se centra en las misiones de la ESA y los Estados miembros que proporcionan una observación casi diaria de la reflectancia de la superficie terrestre a nivel mundial.

Cuadro 7. Conjunto de datos de entrada

Tipo de Satélite	Fechas	Resolución
ENVISAT MERIS FR y RR	2003-2012	Muy reducida
NOAA-AVHRR HRPT	1992-199	300 mts
SPOT-Vegetación	1998-2012	500 mts
ENVISAT-ASAR	2005-2012	150 mts

A partir de los sensores el proyecto *Land Cover-CCI*, se conforma como un programa con más de 50 variables climáticas esenciales (ECV). Donde se incluyen al menos 39 clases de cobertura que han ayudado a generar mapas globales de cobertura en un periodo de 24 años; de 1992 al 2015 con una resolución promedio de 300 metros, y de 20 metros en los más recientes, aunque únicamente disponibles para el continente Africano. La conformación del equipo creador del proyecto provienen de diversas universidades, laboratorios y gobiernos de países como Bélgica, Reino Unido, Finlandia, Alemania, Países Bajos, Francia, Luxemburgo, Italia, Dinamarca, la Unión Europea, etc.

4.2 Selección de los tipos de cobertura

El proyecto *Land Cover-CCI*, contiene más de 30 tipos de cobertura que pueden analizarse para obtener las estimaciones de crecimiento en los últimos años, sin embargo para la investigación sobre el cambio de uso de suelo generado por la expansión de las zonas de cultivo en el municipio de Tacámbaro, se seleccionaron solo doce tipos de cobertura, esto de acuerdo a la extensión que ocupan dentro de la extensión territorial del municipio, su importancia natural o agrícola y su composición o densidad.

Cuadro 8. Tipos de cobertura usados en el análisis multitemporal

Valor	Etiqueta
10	Tierras de cultivo
11	Cubierta herbácea
30	Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)
40	Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%)
50	Cubierta arbórea, latifoliadas, perennifolia, (> 15%)
60	Cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)
70	Cubierta Arbórea, sublatifoliadas, perennifolia, cerrado a abierto (>15%)
80	Cubierta arbórea, sublatifoliadas, caducifolia, cerrado-abierto (>15%)
90	Cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas)
120	Cultivo de Aguacate
190	Áreas urbanas
210	Cuerpos de Agua

4.3 Extracción de píxeles

Para el proyecto se descargaron 23 imágenes satelitales, que contienen las bandas de vegetación que son de interés, corresponden a cada año del periodo comprendido entre 1992 y el 2015. A dichas imágenes se les hizo el siguiente proceso; una vez descargadas a cada una de las imágenes se les extrajo el número de celdas o píxeles que contiene cada una de las categorías de vegetación seleccionadas para la investigación, mediante la tabla de atributos. En el cuadro 8 los valores (Value) representa la descripción de cada tipo de cobertura y el conteo (Count) es el número de celdas o píxeles que contiene cada tipo de cobertura, esta operación se hizo para cada una de las 24 imágenes analizadas.

Cuadro 9. Valores de la extracción de píxeles

1992			1993			1994			1995			1996			1997		
ID	Value	Count															
1	10	139	1	10	139	1	10	139	1	10	139	1	10	139	1	10	139
2	11	1354	2	11	1353	2	11	1353	2	11	1404	2	11	1430	2	11	1451
3	30	23	3	30	23	3	30	23	3	30	23	3	30	29	3	30	38
4	40	16	4	40	16	4	40	16	4	40	31	4	40	31	4	40	39
5	50	5	5	50	5	5	50	5	5	50	5	5	50	5	5	50	5
6	60	1332	6	60	1332	6	60	1332	6	60	1237	6	60	1189	6	60	1138
7	70	11	7	70	11	7	70	11	7	70	11	7	70	11	7	70	11
8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3
9	90	4970	9	90	4970	9	90	4970	9	90	4954	9	90	4949	9	90	4938
10	120	899	10	120	899	10	120	899	10	120	944	10	120	963	10	120	984
11	190	43	11	190	44	11	190	44	11	190	44	11	190	46	11	190	49
12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3

1998			1999			2000			2001			2002			2003		
ID	Value	Count															
1	10	138	1	10	140	1	10	140	1	10	140	1	10	142	1	10	144
2	11	1463	2	11	1540	2	11	1551	2	11	1555	2	11	1562	2	11	1564
3	30	39	3	30	114	3	30	128	3	30	128	3	30	131	3	30	131
4	40	43	4	40	69	4	40	105	4	40	107	4	40	111	4	40	111
5	50	5	5	50	5	5	50	5	5	50	5	5	50	6	5	50	6
6	60	1122	6	60	879	6	60	831	6	60	829	6	60	809	6	60	796
7	70	11	7	70	11	7	70	9	7	70	9	7	70	7	7	70	7
8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3
9	90	4934	9	90	4777	9	90	4672	9	90	4652	9	90	4617	9	90	4616
10	120	987	10	120	1205	10	120	1299	10	120	1315	10	120	1355	10	120	1365
11	190	50	11	190	52	11	190	52	11	190	52	11	190	52	11	190	52
12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3

2004	2005	2006	2007	2008	2009
------	------	------	------	------	------

ID	Value	Count															
1	10	144	1	10	144	1	10	148	1	10	148	1	10	147	1	10	147
2	11	1572	2	11	1572	2	11	1581	2	11	1584	2	11	1587	2	11	1592
3	30	132	3	30	132	3	30	132	3	30	132	3	30	134	3	30	133
4	40	111	4	40	102	4	40	102	4	40	102	4	40	95	4	40	95
5	50	6	5	50	6	5	50	6	5	50	6	5	50	6	5	50	6
6	60	792	6	60	801	6	60	783	6	60	783	6	60	792	6	60	793
7	70	7	7	70	7	7	70	7	7	70	7	7	70	6	7	70	6
8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3
9	90	4594	9	90	4594	9	90	4592	9	90	4580	9	90	4567	9	90	4559
10	120	1382	10	120	1382	10	120	1389	10	120	1398	10	120	1405	10	120	1407
11	190	52	11	190	52	11	190	52	11	190	52	11	190	53	11	190	54
12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3

2010			2011			2012			2013			2014			2015		
OID	Value	Count	ID	Value	Count												
1	10	147	1	10	147	1	10	147	1	10	147	1	10	147	1	10	147
2	11	1600	2	11	1600	2	11	1601	2	11	1601	2	11	1600	2	11	1600
3	30	134	3	30	134	3	30	134	3	30	134	3	30	134	3	30	134
4	40	95	4	40	95	4	40	95	4	40	95	4	40	95	4	40	95
5	50	6	5	50	6	5	50	6	5	50	6	5	50	6	5	50	6
6	60	793	6	60	793	6	60	791	6	60	779	6	60	779	6	60	779
7	70	6	7	70	6	7	70	6	7	70	6	7	70	6	7	70	6
8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3	8	80	3
9	90	4526	9	90	4511	9	90	4499	9	90	4488	9	90	4488	9	90	4488
10	120	1431	10	120	1445	10	120	1458	10	120	1479	10	120	1479	10	120	1479
11	190	54	11	190	55	11	190	55	11	190	57	11	190	58	11	190	58
12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3	12	210	3

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la ESA, CCI, Land Cover-CCI

4.4 Cálculo de los valores anuales

Hecho el proceso anterior se procedió a realizar el cálculo para obtener los valores anuales, ya que como la banda representa píxeles o celdas de 300*300 metros, cada valor se multiplicó por lo anterior y después se obtuvo el resultado para expresarlo en Km², transformarlos a metros y después a hectáreas, de ahí que por ejemplo para el año 1992, la cobertura 1, tierras de cultivo, presenta un área de 12.51 Km² o 1 254 hectáreas, así sucesivamente se calcularon todos los valores de todos los años, todas las bandas o imágenes satelitales. En el cuadro nueve se expresan los valores resultantes para cada uno de los tipos de cobertura por cada uno de los años analizados.

Cuadro 10. Valores anuales por tipo de cobertura

TipoValor ¹	10	11	30	40	50	60	70	80	90	120	190	210
Año												
1992	1251	12186	207	144	45	11988	99	27	44730	8091	387	27
1993	1251	121.77	2.07	1.44	45	119.88	99	27	44730	8091	396	27
1994	1251	12177	207	144	45	11988	99	27	44730	8091	396	27
1995	1251	12636	207	279	45	11133	99	27	44586	8496	396	27
1996	1251	12870	261	279	45	10701	99	27	44541	8667	414	27
1997	1251	13059	342	351	45	10242	99	27	44442	8856	441	27
1998	1242	13167	351	387	45	10098	99	27	44406	8883	450	27
1999	1260	13860	1026	621	45	7911	99	27	42993	10845	468	27
2000	1260	13959	1152	945	45	7479	81	27	42048	11691	468	27
2001	1260	13995	1152	963	45	7461	81	27	41868	11835	468	27
2002	1278	14058	1179	999	54	7281	63	27	41553	12195	468	27
2003	1296	14076	1179	999	54	7164	63	27	41544	12285	468	27
2004	1296	14148	1188	999	54	7128	63	27	41346	12438	468	27
2005	1296	14148	1188	918	54	7209	63	27	41346	12438	468	27
2006	1332	14229	1188	918	54	7047	63	27	41328	12501	468	27
2007	1332	14256	1188	918	54	7047	63	27	41220	12582	468	27
2008	1323	14283	1206	855	54	7128	54	27	41103	12645	477	27
2009	1323	14328	1197	855	54	7137	54	27	41031	12663	486	27
2010	1323	14400	1206	855	54	7137	54	27	40734	12879	486	27
2011	1323	14400	1206	855	54	7137	54	27	40599	13005	495	27
2012	1323	14409	1206	855	54	7119	54	27	40491	13122	495	27
2013	1323	14409	1206	855	54	7011	54	27	40392	13311	513	27
2014	1323	14400	1206	855	54	7011	54	27	40392	13311	522	27
2015	1323	14400	1206	855	54	7011	54	27	40392	13311	522	27

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la ESA, CCI, Land Cover-CCI.

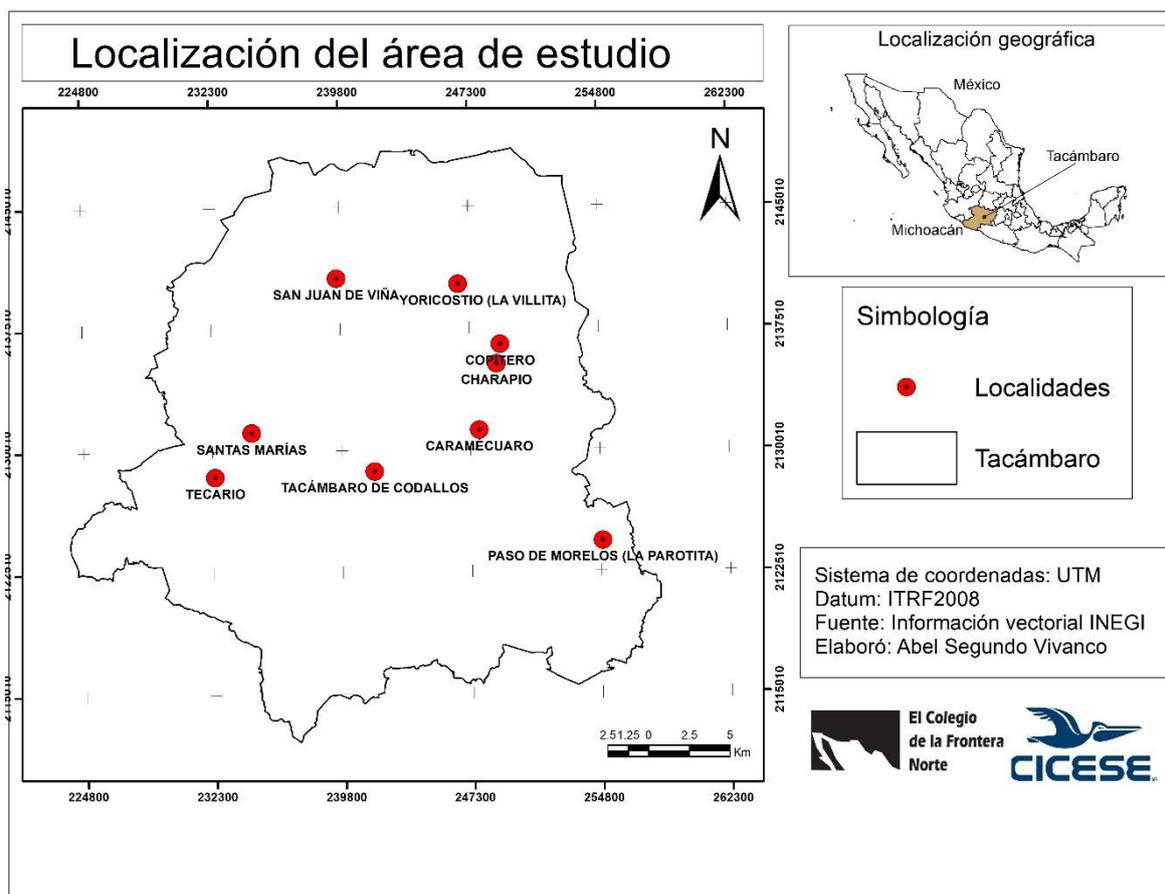
1

10 Tierras de cultivo, **11** Cubierta herbácea, **30**Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%), **40** Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%), **50** Cubierta arbórea, latifoliadas, perennifolia, (> 15%), **60** Cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%), **70** Cubierta Arbórea, sublatifoliadas, perennifolia, cerrado a abierto (>15%), **80** Cubierta arbórea, sublatifoliadas, caducifolia, cerrado-abierto (>15%), **90** Cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas), **120** Cultivo de Aguacate, **190** Áreas urbanas, **210** Cuerpos de Agua

4.5 Encuesta

Dentro del desarrollo del trabajo se aplicó una encuesta en campo, la cual consto de 16 preguntas (Ver anexo 1). Se aplicó en nueve localidades del área de estudio, las cuales son las de mayor importancia en el proceso de cultivo de aguacate y son también algunas de las de mayor población, razón por lo cual también las convierte en las localidades más afectadas por ese proceso. La muestra fue de 207 personas de un total de 69 955 habitantes, se estableció un nivel de confianza del 90% y un error muestral de 6, el cual se suma y resta a los resultado obtenidos, es decir si se obtiene que un 60% opina respecto a una pregunta, en realidad es entre el 54 y 66 por ciento el que opina en torno a un determinado tema. La aplicación de los cuestionarios que conformaron la encuesta, se aplicaron de manera aleatoria entre los habitantes de las localidades seleccionadas, las cuales son las que presentan una mayor relación con el cultivo de aguacate, en el mapa 6 se puede ver la localización de cada una de ellas dentro de la zona de estudio.

Mapa 6. Localidades seleccionadas para aplicación de encuesta



V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

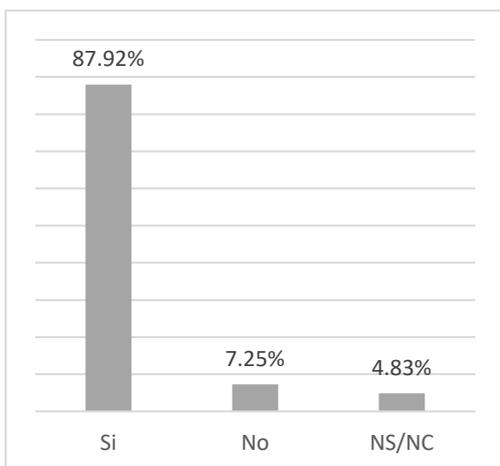
El este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación así como una interpretación y análisis de los mismos. La información que fue colectada de las encuesta se analizó de manera descriptiva y comparativa. Los resultados de las imágenes satelitales analizadas, fue analizado primero en una manera descriptiva-comparativa para después integrarse con los datos obtenidos de la encuesta.

5.1 Principales resultados de la encuesta

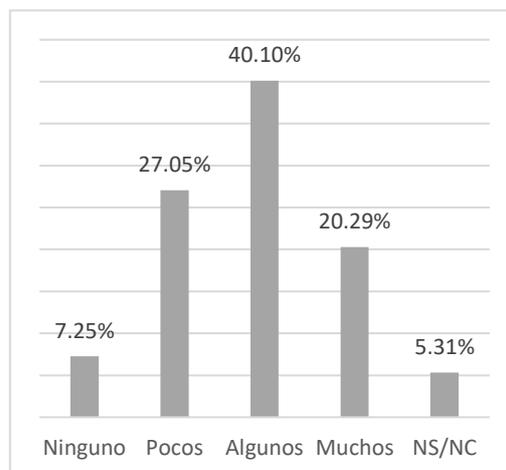
La encuesta se aplicó entre febrero y marzo en las localidades de Caramécuaro, Charapio, Copítero, Paso de Morelos, San Juan de Viña, Santas Marías, Tacámbaro de Codallos, Tecario y Yoricostio. Consto de 16 preguntas y se aplicaron un total de 207 cuestionarios, 23 por cada localidad. De la encuesta se seleccionaron 12 preguntas que indican la situación ambiental del municipio, la problemática que genera la expansión de las huertas de aguacate, el rol del municipio, entro otros que serán analizados a continuación.

Para corroborar con los datos de cambio obtenidos a través de las imágenes satelitales se preguntó si existían problemas ambientales en las localidades y en qué cantidad se considera que existen. Los datos arrojan que el 87.92% de la población dice que si existen problemas ambientales, en contraste con el 12.08% que dice que no existen. Mientras que en lo referente a la cantidad de problemas ambientales más del 40% considera que existen algunos problemas, 20.29% que existen muchos, 27.05% señalan pocos y 7.25% ninguno (ver gráfica 1 y 2).

Gráfica 1. Identificación de problemas ambientales

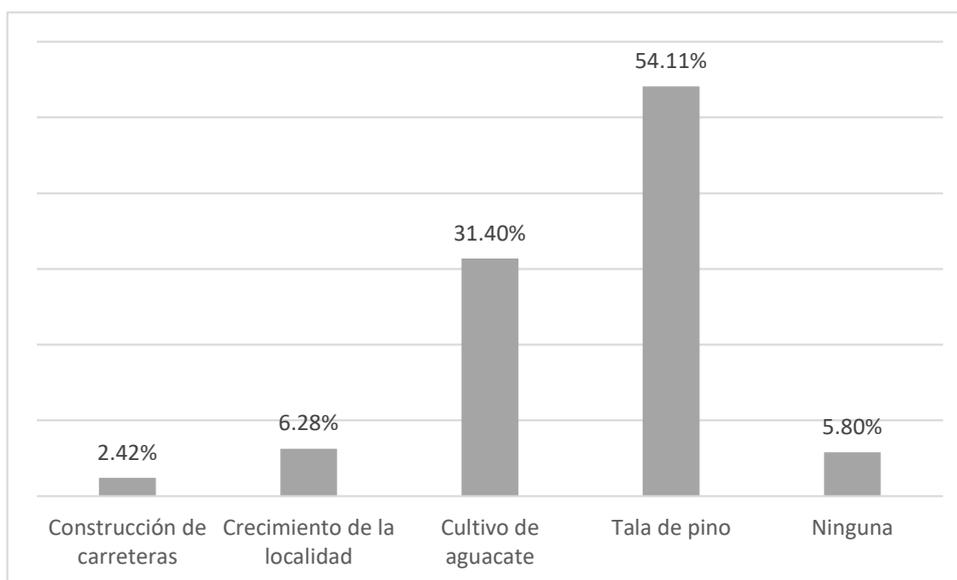


Gráfica 2. Cantidad de problemas ambientales

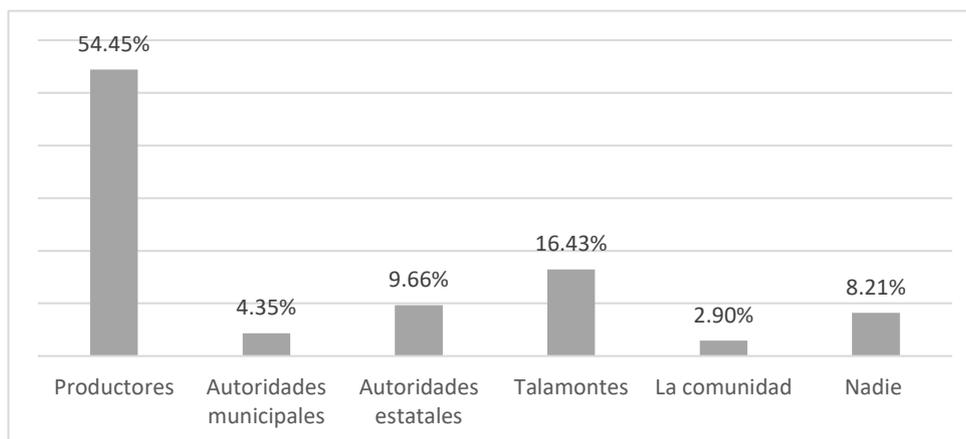


Por otro lado las personas han identificado que las actividades que generan problemas ambientales en sus localidades son principalmente la tala de pino con 54.11% y el cultivo de aguacate con un 31.40%, y solo el 5.80% menciona al crecimiento de la localidad como el causante. En relación con la información anterior se obtuvo que los responsables de generar esta problemática ambiental son principalmente los productores de aguacate con un 54.45%, los Talamontes con 16.43%, las autoridades con 8.21% y aunque parezca poco lógico el 9.66% la población dice que nadie las provoca (ver gráficas 3 y 4).

Gráfica 3 Actividades que generan problemas ambientales

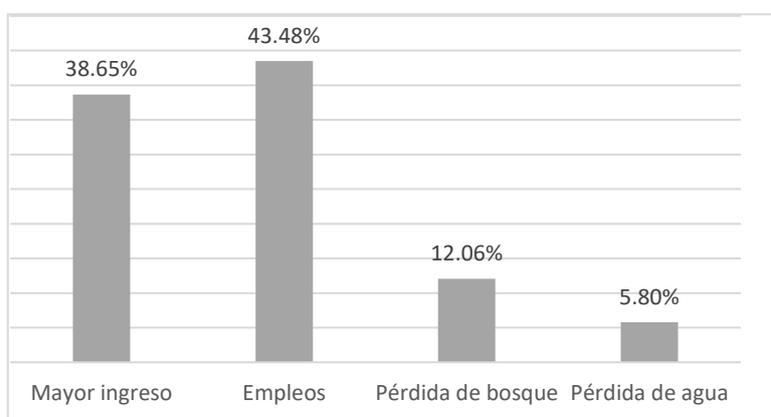


Gráfica 4. Responsables de generar problemas ambientales

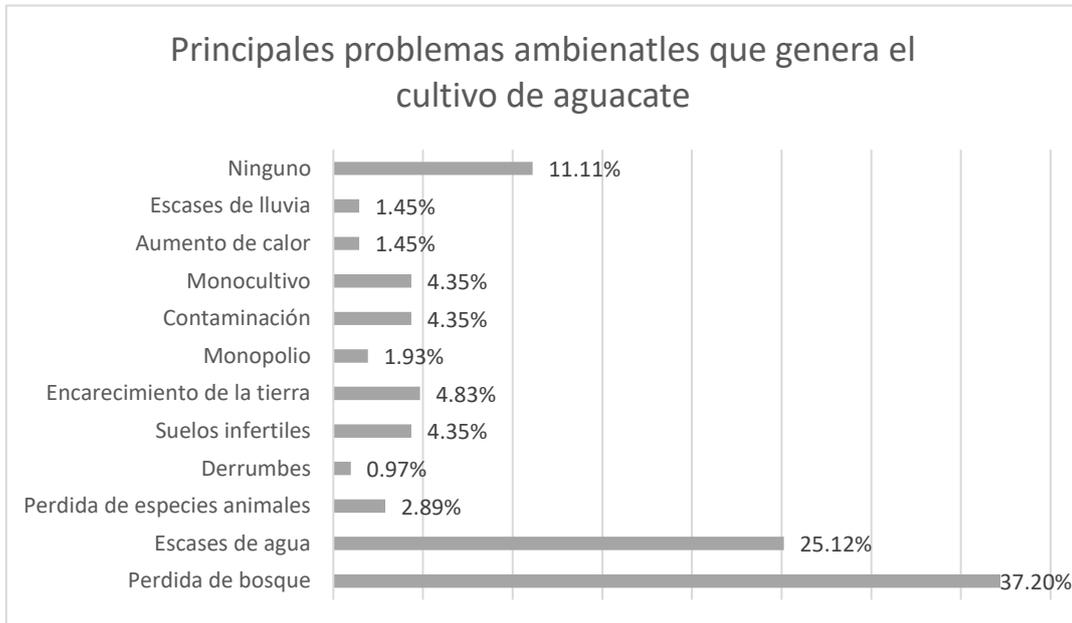


De acuerdo con el objetivo de estudio, se preguntó cuáles son las condiciones que generan el cultivo de aguacate y cuáles son los principales problemas ambientales que este genera, obteniéndose los siguientes resultados. La población identifica que al cultivar aguacates se crean más empleos (43.48%), se mejoran los ingresos (38.65%), y solo el 17.88% menciona que genera pérdida de bosque y agua. (Gráfica 5). Por otro lado en la gráfica 6 se observa que los principales problemas ambientales son la pérdida de bosque con 37.20%, escases de agua con 25.12%, encarecimiento de la tierra con 4.83%, el monocultivo con 4.35%, y de nueva cuenta el 11.11% de la población encuestada dice que no existen problemas ambientales. Esta población que dice que no existen problemas ambientales son quienes son dueños de huertas de aguacate; se conoce este dato porque al momento de responder la encuesta se identificaron como tales.

Gráfica 5. Condiciones que genera el cultivo de aguacate

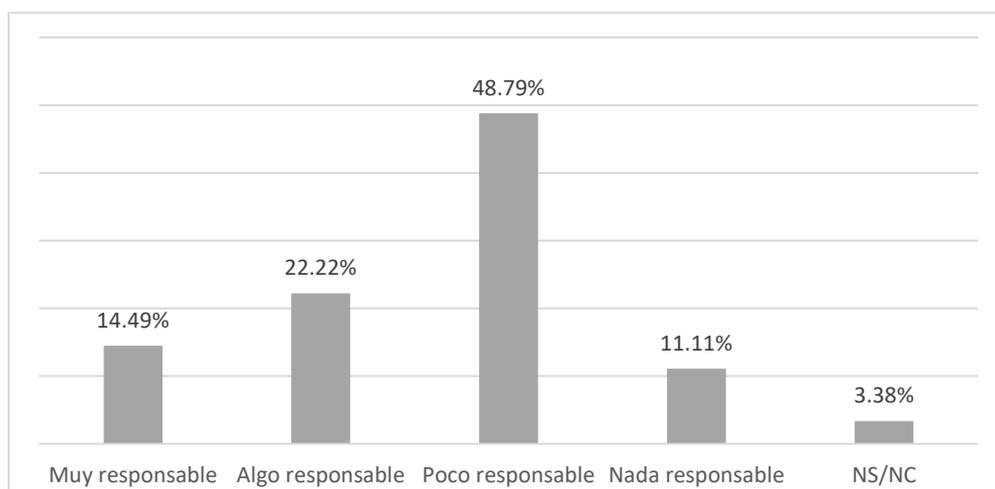


Gráfica 6. Problemas ambientales derivados del cultivo de aguacate

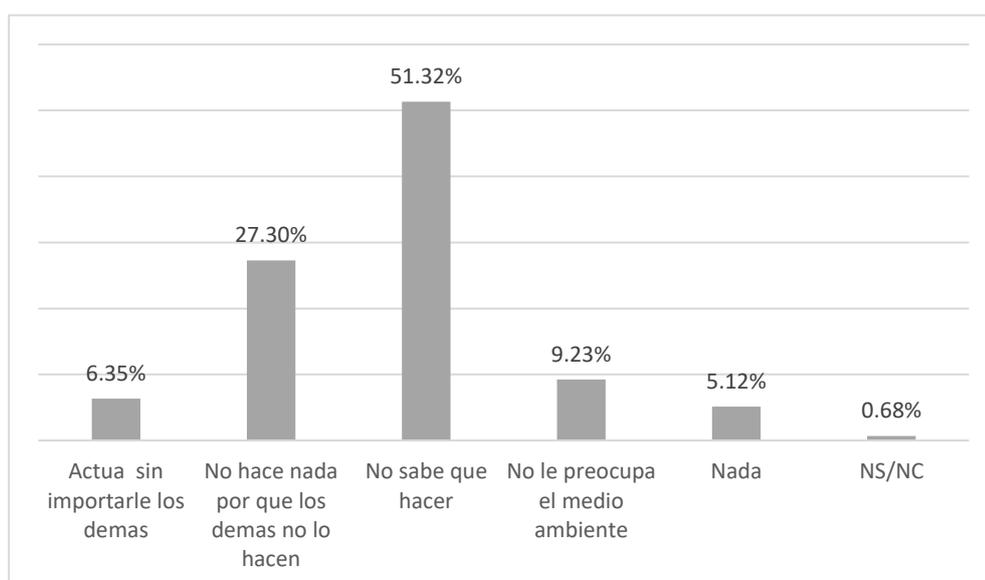


Con el conocimiento de los problemas ambientales, se les preguntó a la población cuál es su grado de responsabilidad o aporte a esta problemática, obteniéndose que el 14.49% es muy responsable, el 22.22% algo responsables el 48.79% poco responsable y el 11.11% nada responsable. Así mismo se obtuvieron los datos relacionados con la respuesta que la población tiene frente a la problemática ambiental existente en sus localidades, donde sólo el 6.35% si actúa, el 27.30% no hace nada por que los demás no hacen nada, y el 51.32% no sabe qué hacer, también se identificó que al 9.23% de la población no le preocupa el medio ambiente (ver graficas 7 y 8).

Gráfica 7. Grado de responsabilidad en la problemática ambiental

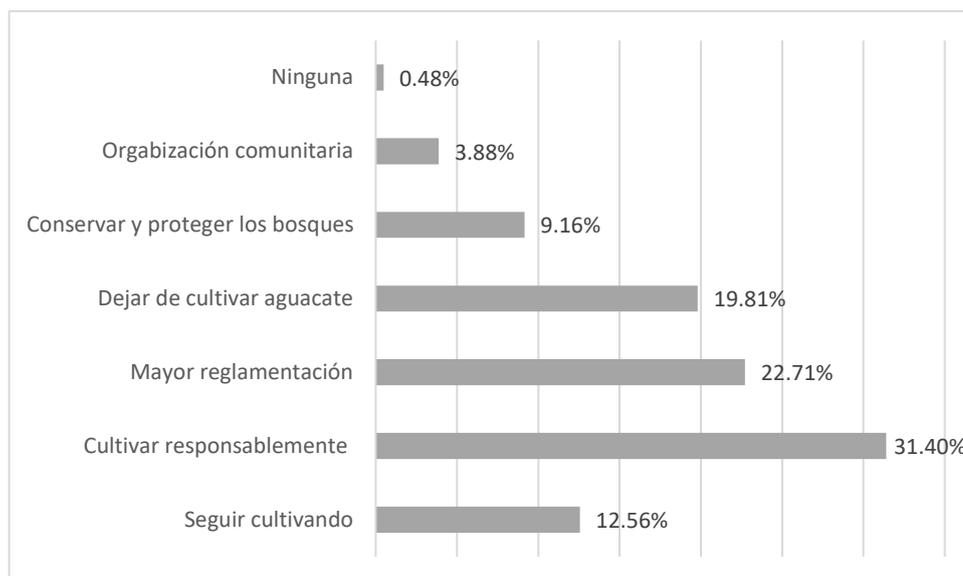


Gráfica 8. Respuesta ante la problemática ambiental



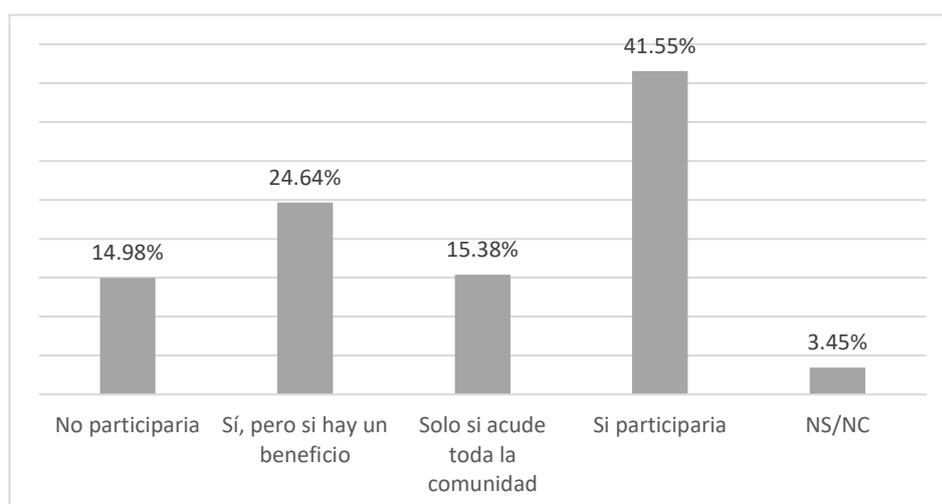
Ahora en relación a las respuestas de la población frente al problema, es decir que acciones deben establecerse para disminuir los impactos o prevenir el deterioro ambiental, se encontró que el 31.40% apuesta por producir y cultivar de manera sustentable, el 22.71% que dice que la solución está en que se impongan más reglas para la actividad productiva del aguacate, el 19.89% cree que la mejor opción es que se deje de cultivar aguacate, el 12.56% dice que seguir cultivando, ya que este proceso no provoca ningún impacto, y solo el 9.18% dice que se debe proteger la naturaleza (ver grafica 9).

Gráfica 9. Acciones frente a la problemática ambiental



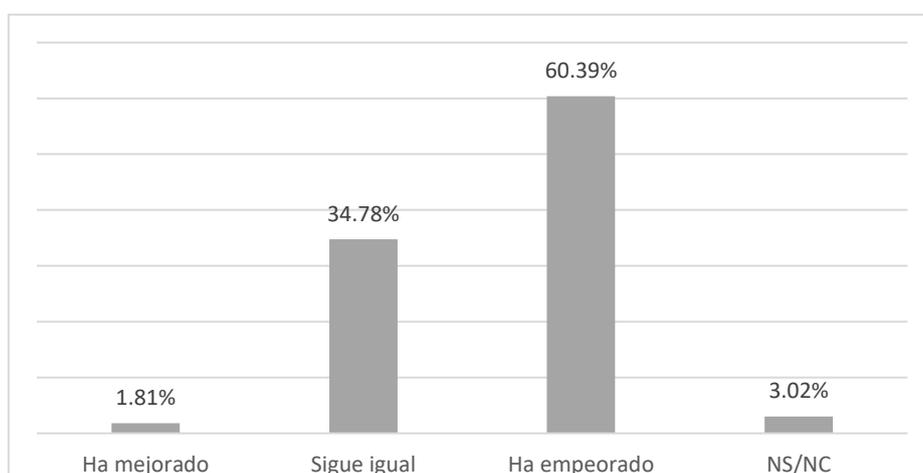
Relacionado con lo anterior las se formuló una pregunta para conocer la disposición de la población a participar en sesiones informativas, talleres y cursos que les ayuden a enfrentar esta problemática y mejorar las condiciones ambientales de sus localidades, es así que se encontró que las respuestas expresadas en la gráfica 10, indican que el 41.55% si participaría, el 14.98 no participaría, el 24.64% si participaría pero solo si existe un beneficio, y el 15.38% solo si acude toda la comunidad.

Gráfica 10. Disposición de participar en consultas y talleres

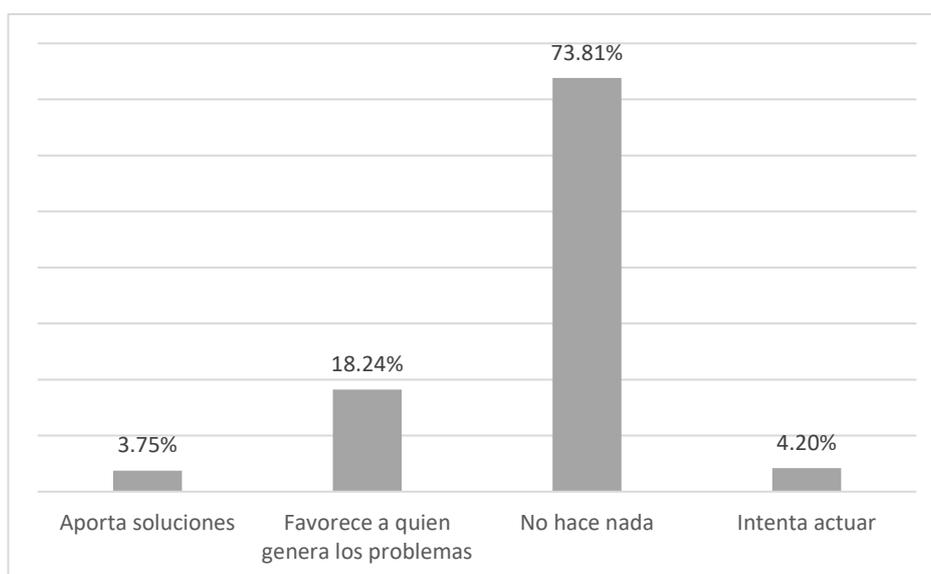


Finalmente se obtuvo un panorama sobre la problemática ambiental de los últimos 20 años en el municipio, donde solo el 1.81% dice que ha mejorado, el 34.78% que sigue igual y el 60.39% que ha empeorado. En este sentido se encontró que un factor que ha desencadenado en que la situación ambiental de la zona de estudio haya empeorado en los últimos años, es el papel que asume el municipio ante los problemas ambientales generados, ya que sólo el 3.75% de los encuestados afirma que el municipio ha aportado soluciones, mientras que el 73.81% establece que no hace nada, el 4.20% dice que el municipio si intenta actuar, sin ser efectivo, y el 18.24% admite que el municipio es quien más favorece a los causantes de los problemas ambientales, (ver gráficas 11 y 12).

Gráfica 11. Situación ambiental del municipio



Gráfica 12. Papel del municipio frente a los problemas ambientales



5.2 Resultados del análisis de las imágenes satelitales

Los resultados del cuadro 11 se obtuvieron a partir de la extracción de la cantidad de píxeles en la imagen ráster, multiplicándolos por el valor de la resolución espacial y convirtiéndolos a hectáreas. Después se transpusieron para obtener el resumen de cada año, con su respectiva cobertura y así obtener los resultados que sirvieron para la elaboración de los mapas que modelan el cambio de uso de suelo en el municipio de Tacámbaro.

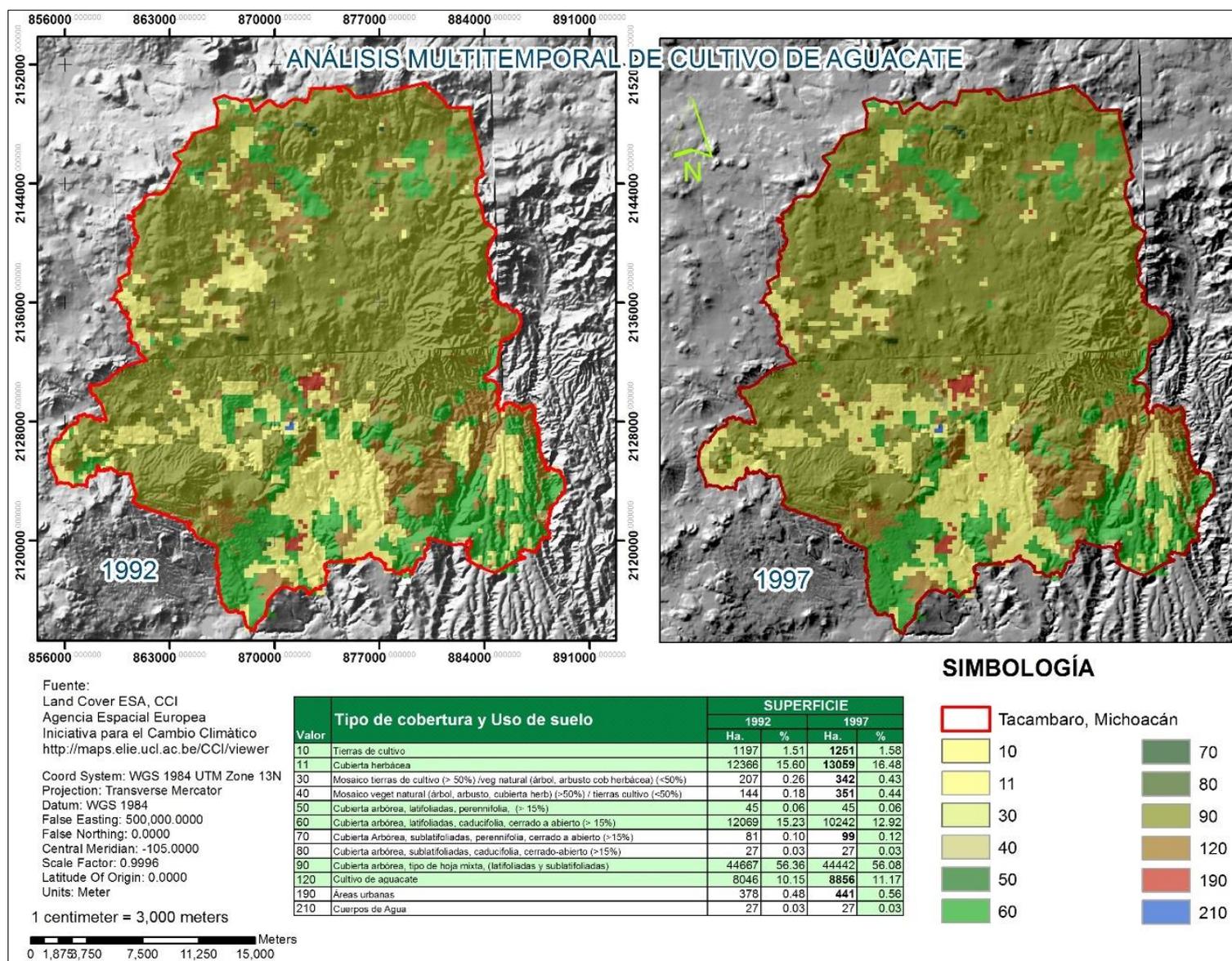
Cuadro 11. Valores anuales de las coberturas presentes en Tacámbaro

Tipo Valor Año	10	11	30	40	50	60	70	80	90	120	190	210	Total
1992	1251	12186	207	144	45	11988	99	27	44730	8091	387	27	79182.00
1993	1251	121.77	2.07	144	45	119.88	99	27	44730	8091	396	27	79182.00
1994	1251	12177	207	144	45	11988	99	27	44730	8091	396	27	79182.00
1995	1251	12636	207	279	45	11133	99	27	44586	8496	396	27	79182.00
1996	1251	12870	261	279	45	10701	99	27	44541	8667	414	27	79182.00
1997	1251	13059	342	351	45	10242	99	27	44442	8856	441	27	79182.00
1998	1242	13167	351	387	45	10098	99	27	44406	8883	450	27	79182.00
1999	1260	13860	1026	621	45	7911	99	27	42993	10845	468	27	79182.00
2000	1260	13959	1152	945	45	7479	81	27	42048	11691	468	27	79182.00
2001	1260	13995	1152	963	45	7461	81	27	41868	11835	468	27	79182.00
2002	1278	14058	1179	999	54	7281	63	27	41553	12195	468	27	79182.00
2003	1296	14076	1179	999	54	7164	63	27	41544	12285	468	27	79182.00
2004	1296	14148	1188	999	54	7128	63	27	41346	12438	468	27	79182.00
2005	1296	14148	1188	918	54	7209	63	27	41346	12438	468	27	79182.00
2006	1332	14229	1188	918	54	7047	63	27	41328	12501	468	27	79182.00
2007	1332	14256	1188	918	54	7047	63	27	41220	12582	468	27	79182.00
2008	1323	14283	1206	855	54	7128	54	27	41103	12645	477	27	79182.00
2009	1323	14328	1197	855	54	7137	54	27	41031	12663	486	27	79182.00
2010	1323	14400	1206	855	54	7137	54	27	40734	12879	486	27	79182.00
2011	1323	14400	1206	855	54	7137	54	27	40599	13005	495	27	79182.00
2012	1323	14409	1206	855	54	7119	54	27	40491	13122	495	27	79182.00
2013	1323	14409	1206	855	54	7011	54	27	40392	13311	513	27	79182.00
2014	1323	14400	1206	855	54	7011	54	27	40392	13311	522	27	79182.00
2015	1323	14400	1206	855	54	7011	54	27	40392	13311	522	27	79182.00
Mínimo	1332	14409	1206	999	54	11988	99	27	44730	13311	522	27	
Máximo	1242	12177	207	144	45	7011	54	27	40392	8091	387	27	

5.2.1 Mapas del cambio de uso de suelo en Tacámbaro

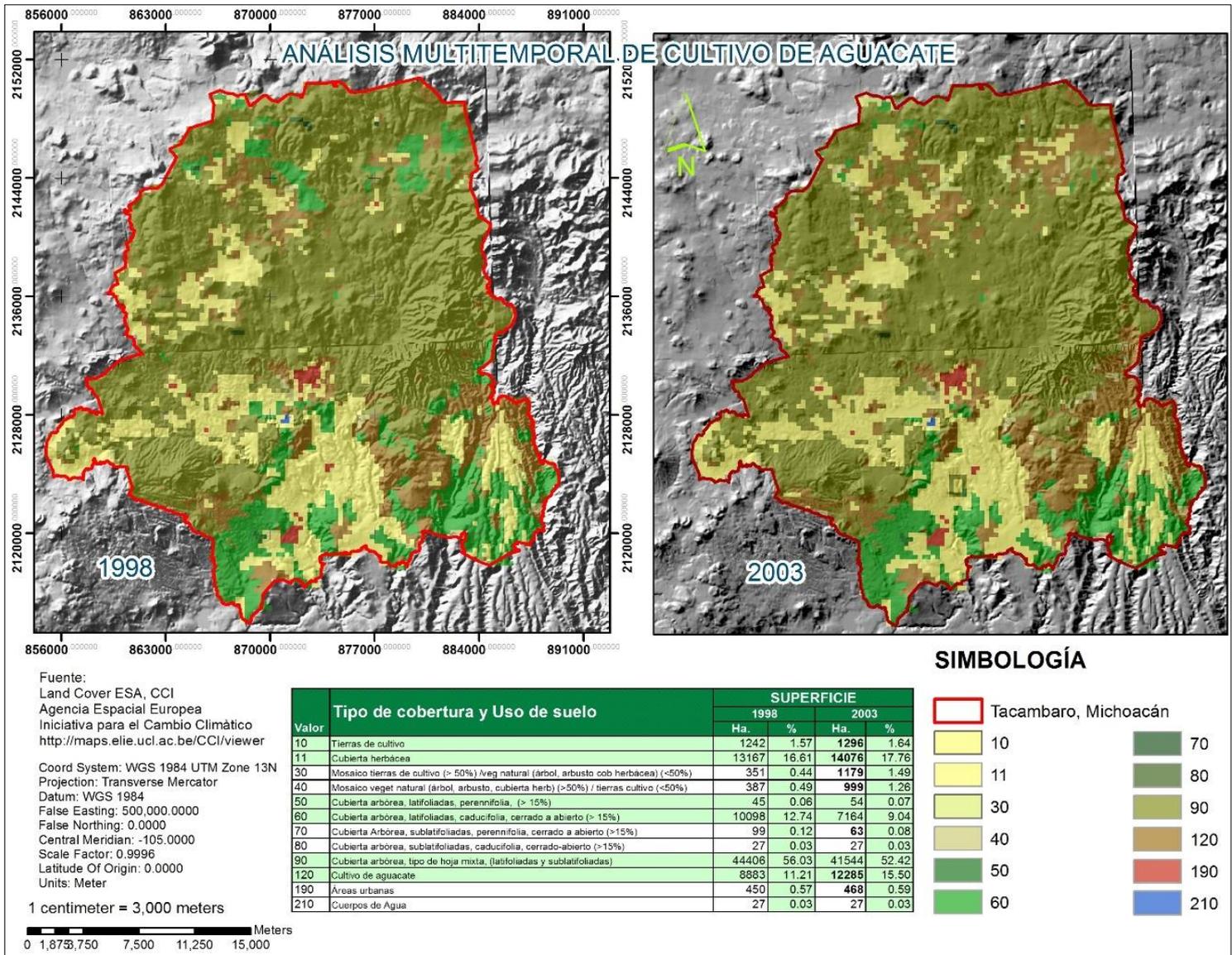
A partir de los datos calculados anteriormente se elaboraron los mapas para cuatro periodos; 1992-1997, 1998-2003, 2004-2009 y 2010-2015. Se tomaron estos cuatro periodos ya que como se explicó en la justificación, a partir del TLCAN, la producción de aguacate aumento, y con este periodo de tiempo se permite ver los cambios, antes y después de la firma del tratado. A continuación se muestran los mapas obtenidos para cada uno de los periodos señalas, si bien muestran cambios, es difícil notarlos a simple vista, sin embargo los resultados de estos cambio ayudan a entender de mejor manera estos cambios, los cuales se presentan en las tablas insertadas en los mapas.

Mapa 7. Cambio de uso de suelo 1992-1997



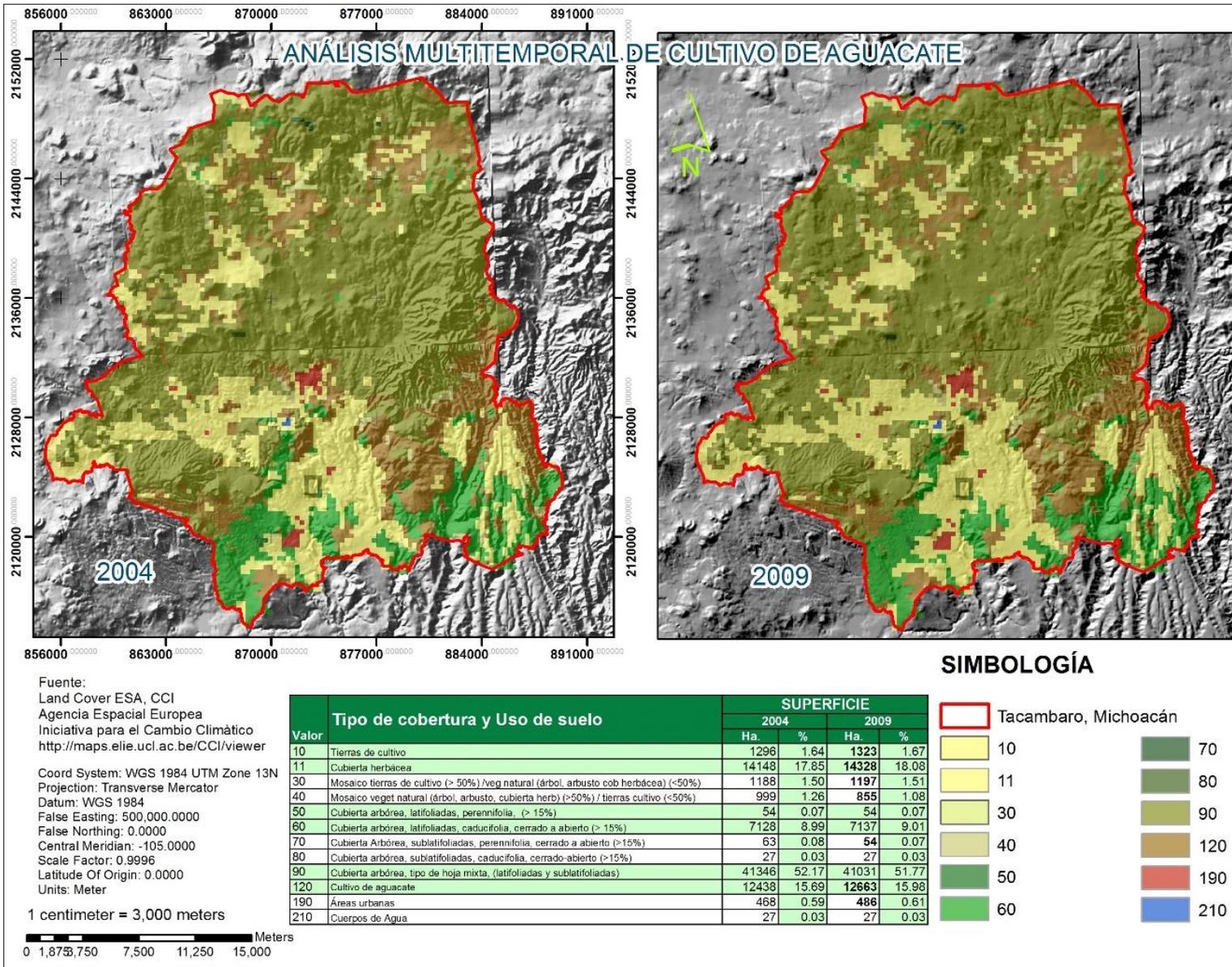
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Land Cover ESA, CCI

Mapa 8. Cambio de uso de suelo 1998-2003



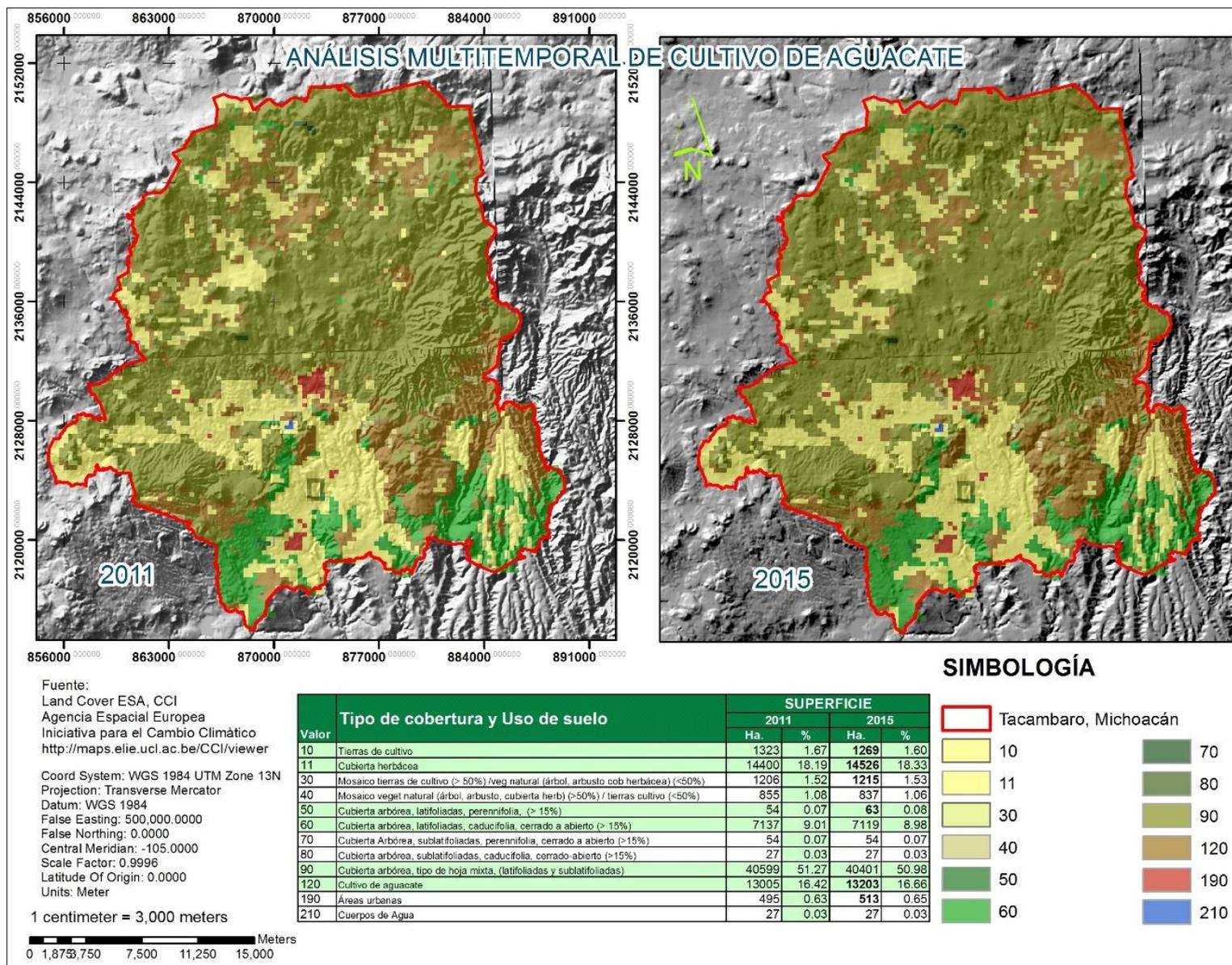
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Land Cover ESA, CCI

Mapa 9. Cambio de uso de suelo 2004-2009



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Land Cover ESA, CCI

Mapa 10. Cambio de uso de suelo 2010-2015



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Land Cover ESA, CCI

5.2.2 Matriz de transición

Una vez que se mapearon los resultados, se procedió a realizar la elaboración de la matriz de transición para cada una de las coberturas para el periodo de 1992 al 2015, (ver cuadro 12). En la cual se establecen los intercambios entre las clases de uso de suelo. En el cuadro 12 se representa la matriz de transición donde los valores en negritas representan las superficies que se mantienen estables en el periodo de análisis, mientras que los valores transversales representan las superficies de intercambio entre cada una de las clases.

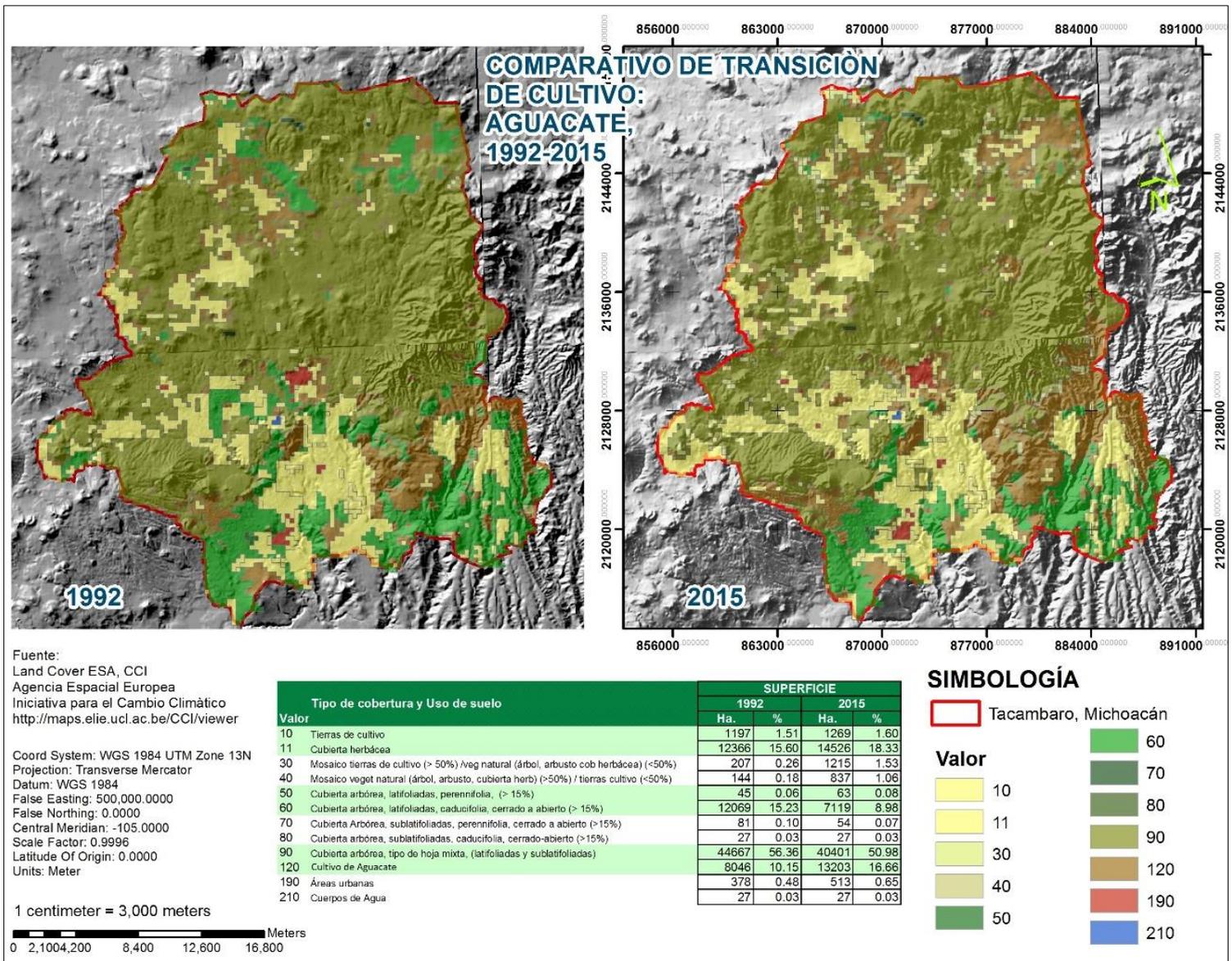
Cuadro 12. Matriz de transición

Matriz de transición		Año 2015												
		Tierras de cultivo	Cubierta herbácea	Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)	Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%)	Cubierta arbórea, latifoliadas, perennifolia, (> 15%)	Cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)	Cubierta Arbórea, sublatifoliadas, perennifolia, cerrado a abierto (>15%)	Cubierta arbórea, sublatifoliadas, caducifolia, cerrado -abierto (>15%)	Cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas)	Cultivo de Aguacate	Áreas urbanas	Cuerpos de Agua	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Año 1992	Tierras de cultivo	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	Cubierta herbácea	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (>50%) / tierras de cultivo (<50%)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	Cubierta arbórea, latifoliadas, perennifolia, (> 15%)	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
	Cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	Cubierta Arbórea, sublatifoliadas, perennifolia, cerrado a abierto (>15%)	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
	Cubierta arbórea, sublatifoliadas, caducifolia, cerrado-abierto (>15%)	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
	Cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas)	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
	Cultivo de Aguacate	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
	Áreas urbanas	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
	Cuerpos de Agua	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132

Cuadro 13. Matriz de cambio de uso de suelo

Matriz de cambio de uso de suelo (Has.)			Año 2015												
			Tierras de cultivo, de	Cubierta herbácea	Mosaico tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)	Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%)	Cubierta arbórea, latifoliadas, perennifolia, (> 15%)	Cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)	Cubierta Arbórea, sublatifoliadas, perennifolia, cerrado a abierto (>15%)	Cubierta arbórea, sublatifoliadas, caducifolia, cerrado -abierto (>15%)	Cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas)	Cultivo de aguacate	Áreas urbanas	Cuerpos de Agua	
			10	11	30	40	50	60	70	80	90	120	190	210	
Año 1992	Tierras de cultivo	10	1179										18		
	Cubierta herbácea	11		12141		18					108		99		
	Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)	30			207										
	Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (>50%) / tierras de cultivo (<50%)	40						144							
	Cubierta arbórea, latifoliadas, perennifolia, (> 15%)	50					45								
	Cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)	60	90	1719	297	90		6948					2916	9	
	Cubierta Arbórea, sublatifoliadas, perennifolia, cerrado a abierto (>15%)	70			18					54			9		
	Cubierta arbórea, sublatifoliadas, caducifolia, cerrado-abierto (>15%)	80									27				
	Cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas)	90		666	693	747		9				40293	2250	9	
	Cultivo de aguacate	120						18					8028		
	Áreas urbanas	190												378	
	Cuerpos de Agua	210													27

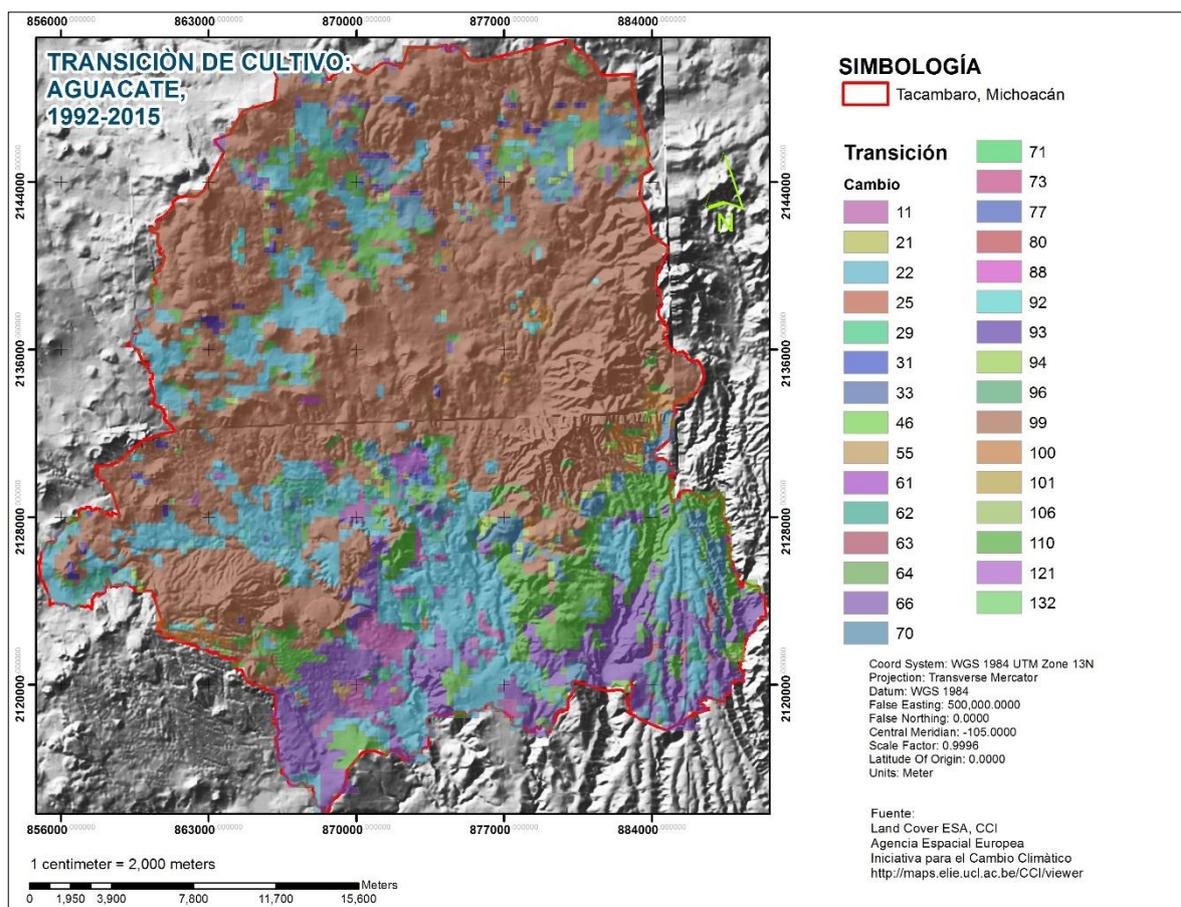
Mapa 11. Mapa de cambio 1992-2015



En el mapa 11 se pueden observar los cambios transcurridos entre 1992 y 2015, para cada una de las coberturas de suelo presentes en el municipio de Tacambaro, destacando que el uso de suelo con mayores pérdidas fueron las cubiertas arbóreas en sus diferentes tipos, mientras que los que mayores ganancias tuvieron fueron las áreas de cubierta herbácea, debido a la deforestación, y las áreas de cultivo de aguacate.

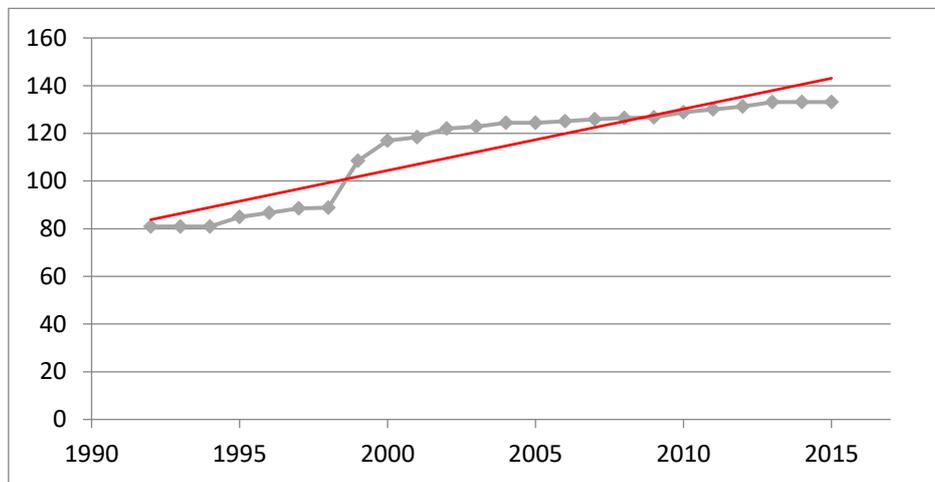
Con los datos anteriores se observa que las categorías que mayores ganancias tuvieron fueron las siguientes; cubierta herbácea con un 2.73% o 2916 hectáreas, esta ganancia se debe principalmente a que la deforestación ha dejado grandes extensiones de territorio sin arboles de altura, posteriormente estas zonas serán ocupadas por cultivos de aguacate y de otro tipo. Relacionada con la anterior la cubierta de Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%), también represento ganancias de 1.27% o 1008 hectáreas, aunque los mayores valores la cubierta cultivo de aguacate con un 6.51% es decir 5157 hectáreas. Por otro lado las cubiertas que mayor pérdida tuvieron fue cubierta arbórea, de tipo hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas) con un 5.38% de pérdida, que equivalen a 4266 hectáreas; la otra fue la cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrada a abierta (> 15%) con valor de pérdida del 6.25% o 4950 hectáreas. Entonces de acuerdo a estos datos y a la matriz de transición se establece que las cubiertas que han perdido superficie, la han cedido al uso de suelo agrícola principalmente. En el mapa 11 se pueden observar los cambios del cultivo de aguacate sobre los demás tipos de cobertura, detectados a partir de la matriz de transición.

Mapa 12. Transición del cultivo de aguacate 1992-2015

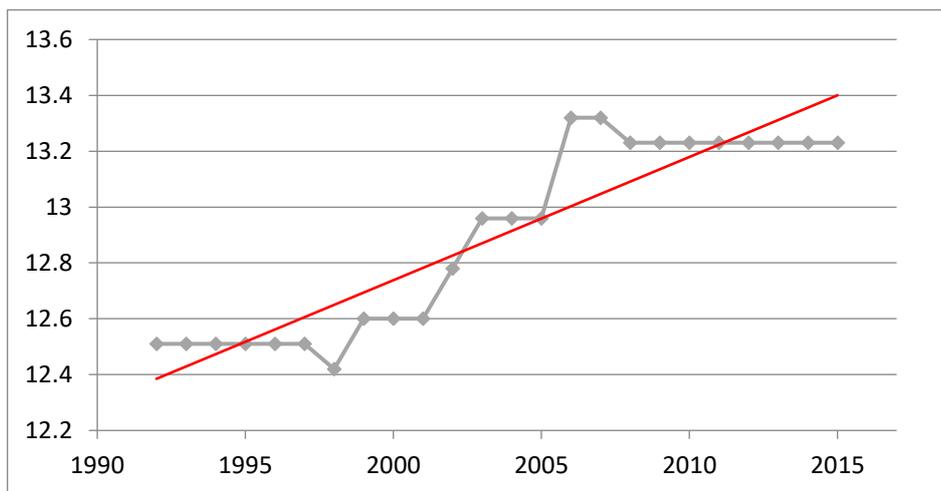


Para entender mejor estos cambios, a continuación se muestran las gráficas con los valores de cada año para el tipo de cobertura con los valores más importantes tanto en ganancias y pérdidas, con los cuales es más fácil observar las tendencias de cambio de cada una de ellas.

Gráfica 13. Cambio de la cubierta cultivo de aguacate

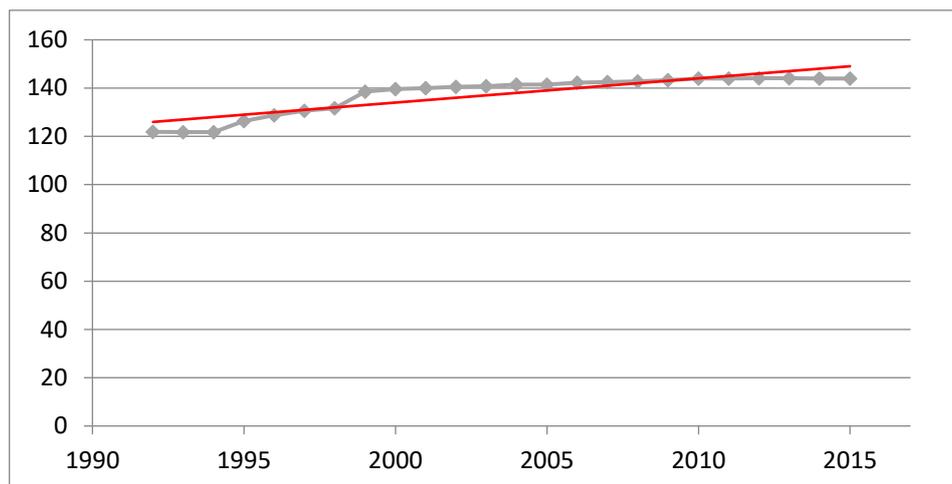


Gráfica 14. Cambio de la cubierta tierras de cultivo



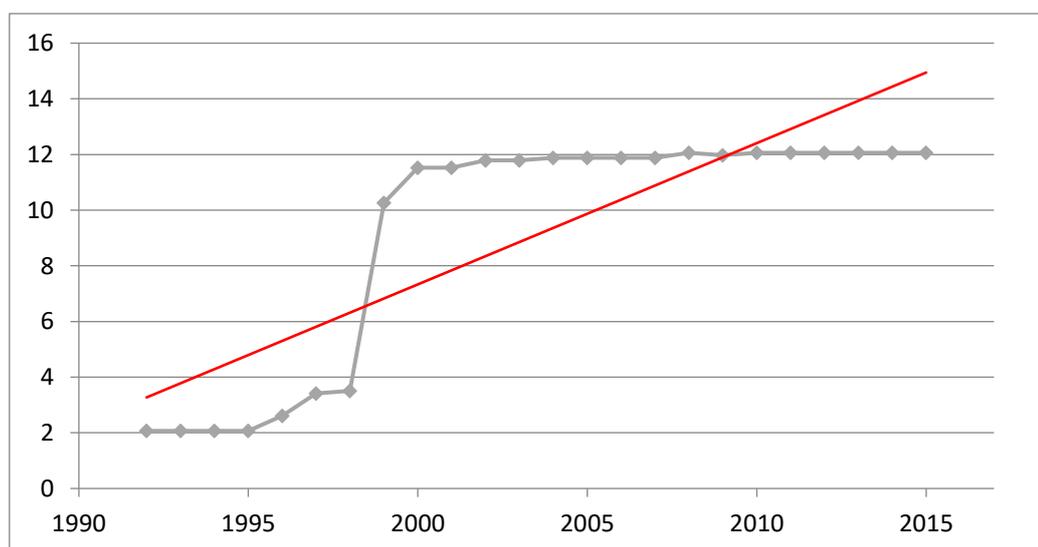
En ambas cubiertas puede notarse el incremento a partir de finales de la década de los noventa, ya que como se ha explicado anteriormente, la firma del TLCAN, favoreció la producción y con ella la expansión del cultivo no solo de aguacate, sino de otros cultivos como caña de azúcar y más reciente la zarzamora y frambuesa.

Gráfica 15. Cambio de la cubierta herbácea



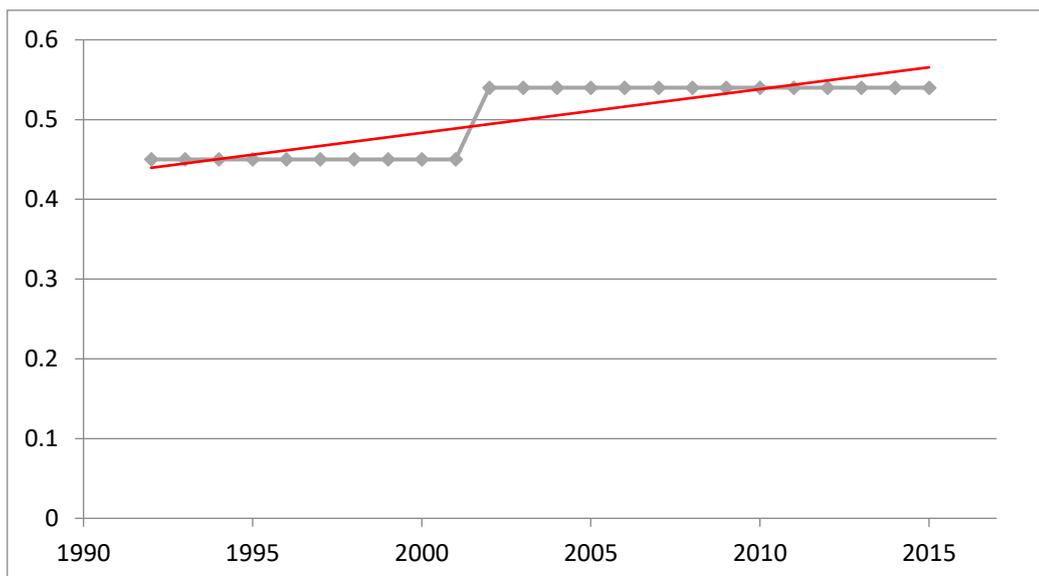
La grafica 15 muestra que para la cubierta herbácea si bien ha existido una tendencia esta no se traduce en un amplia superficie ganada, además de que este tipo de cobertura ha sido llevada intencionalmente a este estado, con el fin de a la larga poder establecer cultivos de aguacate. Entonces se tiene que si bien, esta cubierta ha ganado superficie, ha sido debido a la deforestación que intencional que realizan talamontes y productores para después no tener problema con el cambio de uso de suelo.

Gráfica 16. Cambio en el mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)



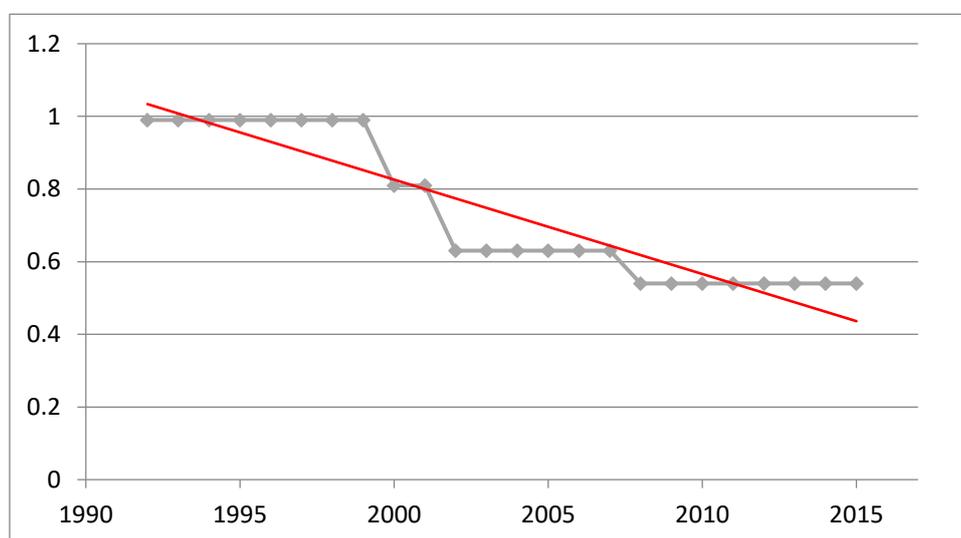
De la misma manera la superficie del mosaico de tierras de cultivo muestra tendencia muy positiva y exponencial a partir del año 1998, debido a las razones ya descritas anteriormente, relacionadas al contexto de políticas comerciales internacionales de esta década, teniendo una estabilidad a partir de año 2005.

Gráfica 17. Cambio de la cubierta arbórea, latifoliada, perennifolia, (> 15%)



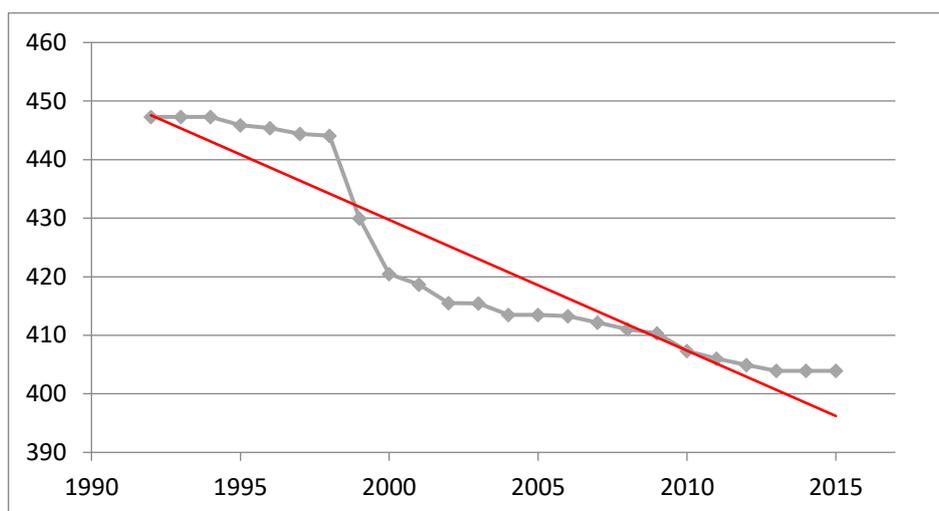
La cubierta arbórea latifoliada y perennifolia mayor al 15% tuvo de 1992 una pérdida, después en los primeros años de la década de los dos mil perdió superficie, gana nuevamente entre 2003 y 2005 para después poco a poco ir reduciéndose.

Gráfica 18 Cambio de la cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%)



La cubierta arbórea, latifoliadas, caducifolia, cerrado a abierto (> 15%), es una de las que mayores pérdidas tuvo, ya que a partir del año 2000 tuvo un notable descenso que se detuvo hasta el año 2009, manteniéndose estable desde esa fecha.

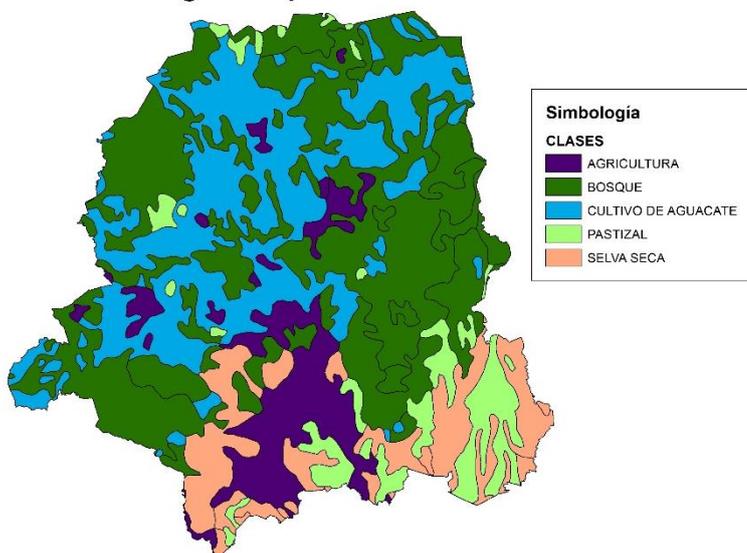
Gráfica 19. Cambio de la cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas)



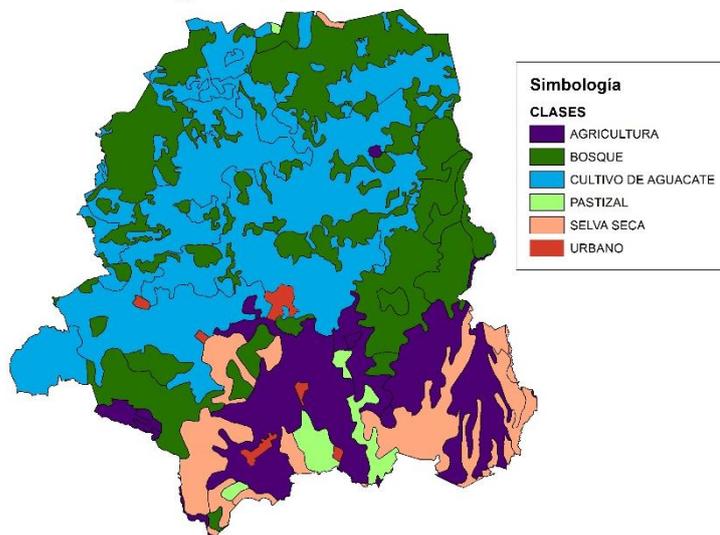
La grafica 19 muestra el cambio de la cubierta arbórea, tipo de hoja mixta, (latifoliadas y sublatifoliadas), el cual es sin duda una de las que mayor pérdida tuvo en el periodo analizado, ya que desde 1992 ha estado perdiendo superficie, sin embargo en el año 1998, inicia un descenso muy marcado que no se ha detenido ya que hasta los datos de 2015 muestra que su tendencia sigue en descenso.

5.3 Cambio de uso de suelo en el periodo 1979 -2017

Cubiertas vegetales para el año 1979



Cubiertas vegetales para el año 2017



Cuadro 14. Procesos de cambio en la cubierta vegetal para el periodo 1979-2017

Clase	Sup. Ha 1979	Sup Ha 2017	Proceso de cambio
Agricultura	8 216.62	13 050.34	Aumento
Bosque	34 793.82	24 781.56	Disminuyo
Cultivo de aguacate	20 733.24	30 655.52	Aumento
Pastizales	6 053.08	1 714.83	Disminuyo
Selva baja o seca	8 951.14	7 820.27	Disminuyo
Urbano	Sin Registro	725.40	N/A

De los datos anteriores y con los datos de cubiertas vegetales que proporciona el INEGI, se realizó una breve comparación entre el año 1979 y 2017, y así obtener una estimación válida sobre si los procesos de cambio encontrados en la investigación son congruentes con la información más actual, a la cual no se pudo tener acceso por problemas de tiempo en su implementación, además de un acceso limitado. A partir del cuadro 13 se puede observar que tanto la agricultura en general como la superficie de cultivo de aguacate han incrementado notablemente en el área de estudio, contrario a la reducción de la superficie que ocupa el bosque, pastizales y selva baja, sin embargo la pérdida de bosque en el periodo es de más de diez mil hectáreas.

5.4 Discusión

Todos los datos anteriores hacen evidente que en el municipio de Tacámbaro existe un cambio de uso de suelo provocado de manera directa por el crecimiento del cultivo de aguacate. Este fenómeno deriva del furor causado por la apertura comercial del mercado estadounidense a la exportación del aguacate en el año de 1997.

Partiendo de los datos obtenidos mediante el proceso realizado a las imágenes satelitales y de los datos recabados en la encuesta aplicada en la zona de estudio, pueden establecerse algunas relaciones o causas en las que al analizarse arrojan varias respuestas a las preguntas y objetivos establecidos al inicio de la investigación.

En primer lugar los datos muestran que de 1992 al 2015 las cubiertas relacionadas con los bosques y vegetación han cedido su superficie a los cultivos de aguacate, hecho que se relaciona con la información que se obtuvo en la encuesta, ya que más del 85% de la población identificó que existen problemas ambientales en el municipio, siendo el cultivo de aguacate con un 31.40% la actividad que más impactos genera sobre el territorio. Estos impactos vienen acompañados de todos los actores y procesos relacionados en su desarrollo como son, la deforestación y tala de pinos, la escasez de agua debido a que a los productores se les brinda una “exclusividad” de este recurso y a que con la pérdida de la cubierta forestal se interrumpe la recarga de los acuíferos, que son los que abastecen a esta zona de estudio.

Por otro lado tanto en los datos obtenidos de las imágenes satelitales como de la encuesta, una de las cubiertas que se ha reducido en mayor porcentaje y que la población reconoce como uno de los principales problemas, es la pérdida de bosque ya que esta pasó de tener una superficie de 44 647 hectáreas en 1992, a 40 401 en el 2015, teniendo una pérdida neta de 4 266 hectáreas que representan el 5.38% de su extensión total, su tasa de pérdida es de 177 hectáreas por año. Esta pérdida es causada por la expansión del cultivo de aguacate que ganó más de 5 000 hectáreas en el periodo analizado, hecho que representa una ganancia de 6.51%, siendo la categoría analizada que presenta la mayor tasa de cambio, ya sea de pérdida o ganancia, tiene una tasa anual de crecimiento de alrededor de 215 hectáreas por año, lo que para una mejor comprensión equivale a unos 200 campos de fútbol.

Otras de las cubiertas que han tenido ganancias son las que agrupan a varios grupos más, como es el caso de los mosaicos de cultivos, que contienen a todos los cultivos en su conjunto. También la cubierta herbácea o de matorrales, ha tenido un notable crecimiento, sin embargo lejos de verse como un cambio positivo, es negativo ya que de acuerdo a la

información académica, local y técnica se sabe que los productores en conjunto con los talamontes, deforestan o queman amplias zonas, que con el tiempo van quedando desnudas y serán aprovechadas para expandir los cultivos de aguacate sin tener problemas por el cambio de uso de suelo forestal a agrícola.

Es muy evidente que los cambios de uso de suelo y coberturas en la zona de estudio, si están sucediendo, y si provocó, provoca y provocará impactos negativos sobre el municipio de Tacámbaro; pérdida de bosques, escases de agua, deforestación, encarecimiento de la tierra, pérdida de especies vegetales, competencia por acceso a la tierra y una producción basada en el monocultivo, que a la larga puede verse afectada por los efectos del cambio climático y dejar de ser prospera para la región, ya que aunque genera muchos problemas ambientales, el hecho de cultivar aguacate y su posterior comercialización ha dejado varios impactos positivos en el municipio como son mayor empleo, reducción de la pobreza y migración, mejora de las condiciones urbanas de las localidades mediana y grandes, además las localidades rurales se han beneficiado de estar rodeadas de huertas de aguacate, ya que esto les ha beneficiado en la creación de infraestructura urbana, de vías de acceso, comunicación, y de nuevas relaciones con las zonas urbanas.

Así las estimaciones de pérdida, ganancia, tasas de crecimiento, modelado de cambios y la detección de los impactos sobre los recursos naturales, es confirmada por el procesamiento de las imágenes satelitales adquiridas del proyecto *Land Cover-CCI* patrocinado por la ESA, y queda claro cómo ha sido su comportamiento durante el periodo de tiempo usado para la investigación. Las complicaciones en este sentido vienen dadas por la complejidad de las relaciones sociales que han llevado a estas situaciones. Sin embargo en las siguientes líneas se explica de manera breve en que han consistido.

El alto valor comercial del aguacate es innegable, si siembro arboles de aguacate obtengo un mayor ingreso que si siembro maíz o frijol, entonces no siembro uno, siembro 100, pero si tengo una propiedad dentro del bosque, pues los pinos no me dan un rendimiento así que mejor los quito y lleno mi propiedad de aguacates, así tengo ya una enorme huerta de aguacates que me dará más ingresos y poder ir comprando más tierras para cultivar más. Esta es la lógica que la mayoría de las personas sigue en el municipio de Tacámbaro, por lo tanto el crecimiento de las zonas de cultivo es muy acelerado, se aprovechan las zonas privadas para cultivar sin problemas con las autoridades, y donde no se puede poco a poco van introduciendo arboles de aguacate y quitando de uno en uno ya sea pinos o aguacate, para después introducir de lleno los cultivos. O más grave aún se tala completamente y de

manera rápida o se incendian grandes zonas de bosque para tener la excusa de cambiar su uso de suelo y poder cultivar. Entonces esta expansión de zonas de cultivo, ha estado mediado por la apertura del mercado estadounidense y por las condiciones económicas de la población del municipio que vio en esta actividad una fuente de ingresos.

Es constante que la población identifique la existencia de problemas ambientales en el municipio, sin embargo consideran que ellos no son responsables, la mayoría de personas viven con la falsa idea que es mejor cultivar que preservar los bosques, porque al cultivar se obtiene dinero, caso contrario a tener sus propiedades con vegetación de pino y encino, pero no se dan cuenta muchas veces la mayoría de ellos produce una cantidad muy pequeña comparada con algunas de las grandes empresas establecidas en el municipio, que son quienes se distribuyen la mayor parte de las ganancias de esta producción, y llevándose los menores costos económicos, sociales y ambientales derivados de esta producción, ya que la mayoría son empresas cuyos dueños no viven en la zona.

Ahora bien de acuerdo a los resultados de la encuesta, existe un porcentaje considerable de población que manifiesta que no le importan los problemas ambientales, que menciona que no existen problemas ambientales, que el aguacate no genera impactos, que seguir cultivando es la mejor opción o que dicen que son otras las actividades que generan los problemas. La mayoría de las personas que manifestaron esto, son los que tienen huertas propias, jornaleros y personas que por carencias económicas y de educación no pueden ver a esta actividad más allá de una actividad altamente comercial.

Sin embargo no toda la población manifestó esta respuesta, sino que la mayoría si identifica el problema, sabe que lo provoca, quienes son los responsables, cuáles son sus efectos sobre sus localidades, aunque no conocen como actuar y que acciones deberían desarrollar para hacer frente a estos problemas, por lo que manifestaron ampliamente su disposición a partir en actividades que puedan servirles para tomar acciones inmediatas y efectivas, ya que señalan que las autoridades de los tres niveles lejos de aportar soluciones o por lo menos intentarlas, ha dado mayor apoyo a los productores de aguacate, quien irónicamente son los responsables directos de crear estos impactos y de hacer que los recursos naturales estén en un punto de escases, destrucción, degradación y disputa sin retorno.

También dentro de cada localidad se establecen relaciones, conflictos y soluciones particulares, ya que por ejemplo las comunidades de Charapio, Caramécuaro, Copítero, Yoricostio, San Juan de Viña y Santas Marías tienen a esta actividad como la única que genera ingresos, razón por la cual la población ve con mayor atractivo esta actividad, además

de señalar que lejos de perjudicar les ha traído mejoras económicas, educativas, de salud, e infraestructura. Por su parte las localidades de Tacámbaro de Codallos y Tecario al tener otras actividades económicas han dado un valor medio entre la producción y la conservación de recursos que a la larga los afectara. En este sentido una localidad en particular sobresale a esta situación ya que si bien no es de las de mayor importancia por su producción es una de las que más se ha visto afectada por esta situación, ya que a partir de la información de la población se señala que desde el año 2012 la disponibilidad de agua se ha visto reducida de tener agua diaria a solo una vez por semana en el mejor de los casos, además de haber visto desaparecer la mayoría de los bosques de pino que estaban en los alrededores de su ubicación, además de que la mayoría de su abastecimiento de agua ha sido desviado hacia las huertas aledañas y mediante la intimidación se les ha privado de este recurso.

Es así que el cambio de uso de suelo forestal hacia huertas de aguacate, aunque el INIFAP, señala que no es legal, en Tacambaro, se lleva a cabo cuando los árboles de un bosque son talados o se incendian, y así el terreno puede ser utilizado para las siembras, que en los últimos años han sido principalmente de aguacate. Otra manera identificada en esta investigación y señalada por las autoridades y la población es que los productores “empiezan a meter entre el bosque plantas pequeñas de aguacate y las van dejando crecer”, cuando alcanzan el tamaño para empezar a producir talan los árboles originales.

Ante esta situación es necesario que se tome en cuenta la participación social para combatir este problema que aqueja a la zona de estudio. Tal meta solo puede lograrse a través del desarrollo participativo, donde las comunidades que sufren los mayores impactos y que son también las que tienen la mayor experiencia y un conocimiento especial de su propio entorno. Ya que son las comunidades las que tienen mayor interés llevar a cabo prácticas que mejoren la productividad de sus cultivos, pero manteniendo un equilibrio ecológico que les proporcione derechos de acceso a sus recursos y en conjunto con los productores y expertos técnicos puedan tener una mejor gestión y frenar la degradación que afecta a suelos, cubiertas vegetales, agua y las relaciones sociales entre la población, los productores y las autoridades.

VI. CONCLUSIÓN

En 1997 se firmó el TLCAN que dio la apertura del mercado estadounidense al aguacate proveniente de los municipios de Michoacán, entre ellos Tacámbaro. Esto sin duda generó un auge en la producción del fruto, hecho que supuso un bienestar económico, de servicios, mayores empleos e infraestructura para el municipio, pero se debe aclarar que los ingresos obtenidos de esta actividad no se distribuyen de manera equitativa entre productores, mucho menos entre trabajadores. Además este acuerdo y auge de producción también trajo impactos negativos; como la pérdida de bosques, conflictos y escases de agua, conflictos de acceso a la tierra y deforestación.

Tomando como base los resultados de este trabajo, se concluye que en el municipio de Tacámbaro entre el periodo de 1992 al 2010 se eliminó del 10% de bosque de pino y encino, con una tasa anual de pérdida de 177 hectáreas, que al ser un número pequeño pareciera no tener importancia pero se debe recordar que la investigación se desarrolló en un ámbito local, por lo que los resultados son muy importantes porque están estableciendo un panorama particular de una zona de estudio y no a nivel regional como la mayoría de los estudios se han enfocado. Esta reducción de los bosques se debe al crecimiento del cultivo de aguacate ya que como menciona Toledo et al (2009) la pérdida de bosques de pino y encino se debe a la expansión de la frontera agrícola, y en este caso para la zona de estudio no es la excepción. También en el municipio cada vez son más las huertas de aguacate, lo que ha dado origen a la desecación de los mantos freáticos; lo que significa, que en poco tiempo ya no habrá agua para la población del municipio ni para el propio cultivo de aguacate. Con esta afirmación se responde a la pregunta de investigación y se confirma la hipótesis, ya que se identificaron cuáles son los principales impactos que el crecimiento del cultivo de aguacate genera en el municipio de Tacámbaro, y como estos están relacionados con las características socioeconómicas de la zona de estudio.

Por otro lado los cambios observados en las coberturas y uso de suelo de 1992-2015 dejan claro que el cultivo de aguacate es la actividad que más ha avanzado sobre las demás categorías, principalmente sobre las cubiertas vegetales y suelo desnudo. Estos cambios sin duda han tenido importantes repercusiones sobre la hidrología del lugar, como la disminución de la recarga del acuífero, sobre la biodiversidad, como es la pérdida de pinos y encinos a través de la deforestación, tala clandestina e incendios.

Dentro de los resultados de la encuesta se observó que las opiniones de la población de las localidades involucradas ponen en evidencia la grave problemática que está presente en el área de estudio, sin embargo estos también muestran algunas incoherencias, principalmente entre la opinión del papel de la población frente a este problema, ya que se identifican muchos problemas, los actores que los provocan, las acciones que deterioran el medio ambiente del en la zona de estudio, pero no se reconoce el papel como un individuo que aporta a esta degradación. Cabe aclarar también que en este sentido la población está dispuesta a participar en actividades que les brinden conocimientos para poder tomar acción frente a la problemática que aqueja a sus localidades.

En cuanto a la pregunta de investigación, objetivos generales, particulares e hipótesis se concluye que se han respondido, alcanzado y comprobado, ya que se identificaron cuáles son los cambios que ocurren en la zona de estudio, donde suceden, que impactos generan y cuál es su relación con población de las localidades donde se aplicó la encuesta, además de llegar a conocerse otros aspectos que no fueron incluidos en los planteamientos iniciales de la investigación.

De manera general se considera necesario seguir ampliando este estudio, así como establecer mejores lazos con otros autores e instituciones que manejan este tipo de información, además de que se requieren datos más actuales a los cuales por cuestiones de tiempo y de disponibilidad no se pudo tener acceso. Este factor representa una de las limitaciones del investigación, sin embargo se considera que el trabajo si aporta conocimiento, si no en el aspecto técnico, si en la parte de integración de los resultados espaciales de los cambios producidos y en el hecho de contar con información para esta escala, ya que puede servir como punto de inicio para nuevos estudios de la zona, los cuales son muy necesarios. Así pues se reconoce que ante estas limitaciones el trabajo debería continuar y poder establecer nuevas discusiones sobre los procesos que están sucediendo en este momento en el municipio de Tacámbaro, ya el potencial de los estudios para la zona son muy amplios y pueden ayudar a establecer un mejor aprovechamiento de los recursos naturales sin comprometer las actividades productivas que dan sustento a la mayor parte de la población del municipio de Tacámbaro.

También es importante decir que dentro de esta investigación surgieron cuestionamientos que no fueron planteados, como por ejemplo el hallazgo de que otra de las causas de deforestación es la demanda de madera para la elaboración de cajas de madera para

transportar el aguacate, que sin embargo está relacionada también con el cultivo de aguacate. Otra cuestión fueron las constantes referencias hacia el narcotráfico, ya que muchas de las relaciones que existen entre productores y autoridades, entre la población y los productores, están determinadas con la presencia de estos grupos, además de que este factor condiciona el actuar de las personas frente a los problemas que derivan del cultivo de aguacate en el municipio.

Es importante decir que el realizar esta investigación, implicó un gran esfuerzo para poder integrar la información para esta escala, ya que la mayoría disponible está a nivel regional y zona de estudio establecida para este trabajo, no está abordada en los estudios como tal, sino como parte de toda la región aguacatera del estado de Michoacán. Finalmente debo decir que de manera personal esta investigación me ha generado nuevos puntos de vista sobre la zona de estudio y de las relaciones que están en juego dentro de las dinámicas de producción de esta zona, así como sus relaciones con la sociedad, el contexto urbano-rural y la población local.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, I. (2005). *De campesinos a multifuncionales. La explotación agrícola familiar en México*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de <http://web.ua.es/es/giecryal/documentos/otrosdocs/docs/campesinosmultifuncionales.pdf>
- Anguiano, C.J. et. Al. (2006). *Caracterización edafo-climática del área productora de aguacate en Michoacán*. pág. 214
- Barajas Alcalá A. G. (2015). *Evaluación de tierras en el cultivo de aguacate Tacámbaro, Michoacán, México*. Maestría, Universidad Autónoma de México, México
- Bárceñas, J. (2015). *Transformaciones rur-urbanas y desarrollo rural en el municipio de Tacámbaro Michoacán*. Tesis de maestría no publicada. Centro Regional Universitario Centro Occidente, Universidad Autónoma Chapingo, México
- Bocco, G. y Garibay, O. C. (2007). *Situación actual en el uso del suelo en comunidades indígenas de la Región Purépecha. Documento Técnico*. CIGA-UNAM, Delegación Estatal de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- Bocco, G. y M. Mendoza, (1999) *Análisis del cambio del uso del suelo en el estado de Michoacán*, Instituto de Ecología-UNAM, SIMORELOS
- Bocco, G., Mendoza, M., y Maserá, O. R. (2001). *La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación*. *Investigaciones geográficas*, 44, 18-38.
- Braimoh, A.K. (2006): *Agriculture, Ecosystems and Environment*; "Random and systematic land-cover transitions in northern Ghana.
- Calder, I. R. (1998) *Water-resource and land-use issues*. SWIM Paper 3. International Water Management Institute: Colombo, Sri Lanka.
- Camacho, E., Juan, J.I., Pineda, N., Cadena, E. (2015) *Cambio de cobertura/uso de suelo en una porción de la zona de transición mexicana de montaña*. *Revista Madera y Bosques*. Vol. 21. Núm. 1. 93-112.
- Castro, R.; Fernández, T.; Bocco, G.; Ezcurra, E.; Palacio, J. L.; (2002). Chávez-León G., Tapia L. M., Bravo M., Sáenz J. T., Muñoz H. J., Vidales I., Mendoza Cantú M. E. (2012). *Impacto del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Challenger, A. (2003) Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En Sánchez, O., Vega, E., Peters, E. y Monroy-Vilchis, (2014). *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*. INE-SEMARNAT: Ciudad de México, México
- Chávez, G., Tapia, L. Bravo M. Sáenz, J. Muñoz H. Vidales, I. Larios, A. Rentería, J. Villaseñor, F. Sánchez, J. Alcántar, J. y Mendoza, M. (2012). *Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Recuperado en:

<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/Impacto%20Cambio%20de%20Suelo.pdf?sequence=>

- Chuvienco E. (2002) *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Aries. Barcelona, España.
- Chuvienco, E. (1996). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 3ª edición. Rialp, Madrid, 568 p. Cincotta, R.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). (2002). *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Uruapan, estado de Michoacán*. Gerencia de Aguas Subterráneas. México, D.F. (www.cna.gob.mx). 26 p
- CONABIO (1998) Climas (Clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García).
- Cuevas, M. L., Garrido, A., Pérez, J. L. Y González, D.I. (2010). *Estado actual de la vegetación en las cuencas hidrográficas de México, diagnóstico y priorización*. México: INE-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P
- De la Tejera Hernández, Beatriz; Santos O., Ángel; Santamaría Q., Héctor; Gómez M., Tania; Olivares V., Carlos; (2013). *El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector aguacatero para el Estado y la sociedad. Economía y Sociedad, XVII* Julio-Diciembre, 15-40.
- De la Tejera, B. y Santos, A. (2015). Trabajo de campo. Inédito
- De la Tejera, B., Santos, A., Santamaría, H., Gómez, T. y Olivares, C. (2013). El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? *Economía y Sociedad*, (29), 15-40.
- Delphin, S., Escobedo, F. J., Abd-Elrahman, A., and Cropper, W. P. (2016). Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services. *Land Use Policy*. 54: 188-199.
- Dunne, T., Zhang, W., y Aubry, B. F. (1991) Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff. *Water resources research*, 27 (9), 2271-2285.
- Echánove, F. (2008). Abriendo fronteras: el auge exportador del aguacate mexicano a Estados Unidos. *Anales de Geografía* 28:9- 28. Hernández, U.V.M. y Berlanga, P.A.M. (1999). Control Biológico. Centro Nacional de Referencia. Tecomán, Colima. pp: 2- 22.
- Flamenco-Sandoval. (2007). Dinámica y escenarios sobre los procesos de cambio de cobertura y uso del terreno en el sureste de México: el caso de la selva el Ocote, Chiapas. Tesis de doctorado en ciencias. Universidad Autónoma de México. México, D.F.
- Galicia, L., Cuevas, M. L., Merit, L. y Couturier, S. (2014). Detección de cambio ambiental en selvas y bosques de México con percepción remota: Un enfoque multiescalar de espacio y tiempo. *Interciencia*. 39(6): 368-374.
- García E. CONABIO (1998) Isotermas medias anuales.
- García O. Cedillo G., Balderas P. (2012). Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del río San José en el Estado de

- México. Papeles de Geografía, Sin mes, 63-73. Hernández A., B. J., Ascanio M., García J., Morales M., Borges Y. (2011). Cambio de la cobertura del suelo por influencia antropogénica: énfasis en las regiones tropicales. In Krasilnikov P. (Ed.), Geografía de suelos de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- García, G. G., March, I. M. y Castillo, M. A. (2001). Transformación de la vegetación por cambio de uso de suelo en la Reserva de la Biósfera Calakmul, Campeche. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. (46): 45-57.
- García, G., March, M., M. Castillo., (2001), Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía UNAM, 46,45-57.
- Geist, H. J. and Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*. 52(2): 143-150.
- Geist, H. J., y Lambin, E. F. (2002) Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *Bioscience*, 52 (2) 143-150.
- Geist, H., McConnell, W., Lambin, E. F., Moran, E., Alves, D., Rudel, T (2006) Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change. En Lambin, E. F. y Geist, H. Land-use and land-cover change. Berlín, Alemania: Springer.
- Geist, H., McConnell, W., Lambin, E. F., Moran, E., Alves, D., Rudel, T (2006) Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change. En Lambin, E. F. y Geist, H. Land-use and land cover change. Berlín, Alemania: Springer.
- Gonzaga Giraldo, L. (2002) Memorias: hidrología forestal (Influencia de los bosques). Medellín, Colombia: Universidad nacional de Colombia, Departamento de ciencias forestales.
- INEGI (2009) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tacámbaro, Michoacán de Ocampo
- INEGI (2010) Censo de población y vivienda. INEGI. (1999). La Producción Forestal en la Meseta Purepecha en el Estado de Michoacán.
- INEGI. II Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México. 2005.
- Inventario Nacional Forestal 2001-2002. (2000). Instituto Nacional de Ecología y Instituto de Geografía. México, UNAM-SEMARNAP.
- Johnson, N., Revenga, C., y Echeverría, J. (2001). Managing water for people and nature. *Science*, 292, 1071-1072.
- Kelly, J. H. (2012) La posesión de tierra y producción de agua. *Reflexiones*, 91 (1),
- Krasilnikov P., & Gutiérrez C., A. R., Cruz-Gaistardo C., Sedov S., Solleiro-Rebolledo E. (2013). *The Soils of Mexico*. USA.

- Lambin, E. F., Geist, H. J., and Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environmental Resources*. 28(1): 205-241.
- Lambin, E. F., Turner B.L., Geist H.J., Agbola S.B., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O.T., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11:261-269.
- Lambin, E. F.; Helmut J. G.; Samuel B. A.; (2001): The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths.
- López, E., Bocco, G., Mendoza, M.E. y Duahu, E., (2001), Predicting Land-Cover and Land Use Change in the urban fringe A case in Morelia City, México, *Landscape and Urban Planning*, 55 (4), 271-283.
- López, R. (2009). El modelo agroexportador, distribución del ingreso y desarrollo socioeconómico; en los municipios productores y exportadores de aguacate, del Estado de Michoacán 1980-2005. Tesis de maestría no publicada. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.
- López-Granados, E.M., (2006), Patrones de cambio de uso del terreno en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Tesis para obtener el grado de doctorado en ciencias, México: Universidad Autónoma de México. Lu, D., Mausel. P., Brondizios,
- Marín, María de la Luz. (2012). El impacto de las exportaciones de aguacate sobre la migración. El caso de los municipios aguacateros de Michoacán, 1991-2003. En Ortega, A. Montalvo, R. Cárcamo, M. Rojo, G. (coordinadores). *Agricultura y migración en el Occidente de México*. Universidad de Guanajuato. Pp. 77-93.
- Mendoza, M., Bocco, G., López Granados, E., y Bravo, M. (2002). Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Investigaciones geográficas*, (49), 92-117
- Meyer, W.B. y Turner, B.L., (1994), *Change in Land Use and Cover: a global perspective*, Cambridge: Cambridge University. 557 p.
- Millington, A. y R. Alexander. 2000. Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century. In: A. Millington y R. Alexander, eds. *Vegetation mapping*. John Wiley y Sons, Chochester, Inglaterra. p:321-331.
- Neris, J., Fuentes, J., Dorta, M. A., Jiménez, C., y Tejedor, M. (2009) Influencia del cambio de uso en la tasa de infiltración de Andisoles (Tenerife, I. Canarias). En *Congreso Internacional sobre Desertificación*, en Murcia, España.
- Ojima DS, Galvin KA & Turner BL II. The global impact of land-use change. *BioScience* 44: 300–304, 1994.
- P.; J. W. (2000): Human population in the biodiversity hotspots.
- Paré, L. (2010). La relación campo-ciudad: elementos para agendas en común. *Revista ALASRU*, (5), 95-112.

- Reijntjes, C. B.; Haverkort, A. Y Waters, B. (1992): Farming for the future: An introduction to low-external input and sustainable agriculture; Londres. Macmillan.
- Rico, R. (6 de febrero de 2016) Tacámbaro incrementó exportación de aguacate durante 2015. Cambio de Michoacán. Recuperado de: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-275227>.
- Ruiz-Luna, A., Acosta-Velázquez, J., Monzalvo-Santos, I.K. y Berlanga-Robles, C.A. (2005) Evaluación de la cobertura de manglar, estructura forestal y determinación del impacto potencial por el establecimiento de granjas camaronícolas. Inf. Final. CIAD. Instituto Sinaloense de Acuicultura. 63 p. México.
- SAGARPA (2017) Boletín mensual producción aguacate julio 2017. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250392/Boletin_mensual__prod_aguacate_jul17.pdf
- Secretaría de Economía SE. (2012). Monografía del sector aguacate en México: situación actual y oportunidades de mercado. México.
- SEMARNAT (2009). Cobertura de vegetación y uso del suelo para el Estado de Michoacán en los años 1976,1993 y 2000. Geodatabase de la SEMARNAT. Análisis geográfico: Delegación de SEMARNAT en Michoacán. Departamento de Estadística e Información Ambiental, Unidad de Planeación y Política Ambiental.
- SEMARNAT (2010). Informe de vegetación 2010. México.
- SIAP, (2012), en SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta), 2011, documento en línea en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426
- SIAP–SAGARPA. (2012). Avance siembras y cosechas perennes. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en: <www.siap.gob.mx>. Consultado: 14 mayo 2012.
- Stonestrom, D. A., Scanlon, B. R. y Zhang, L. (2009) Introduction to special section on impacts of land use change on water resources. Water resources research, (45) 7.
- Toledo B. (2009), Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Campo Experimental Uruapan en boletín el aguacatero No. 58: Septiembre - Octubre 2009
- Toledo, A. (2006) Agua, hombre y paisaje. Ciudad de México, México: SEMARNAT
- Toledo, R., Alcántar, J. J., Anguiano, J. y Chávez, G. (2009). Expansión del cultivo del aguacate y deforestación en Michoacán. Boletín El Aguacatero Núm. 58. Disponible: <<http://www.aproam.com/boletines/a58.html#1>>. Consultado: 10 julio 2011.
- Troll, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Zu Berlin, n° 74, p. 241-298.
- Turner, M. G. (1990). Landscape Ecology: The effect to pattern on process, en Annual Review Ecology and Systematic, núm. 20, pp. 171-197.

Velásquez, A., J.F. Más, J.L. Palacio, J.R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro y T. Fernández. (2002). Análisis de cambio de uso del suelo. Informe Técnico. INE-Instituto de Geografía, UNAM.

Velázquez, A., Bocco, G., y Siebe, C. (2014) Cambio de uso de suelo. En línea:

Velázquez, A.; Mas, J. F.; Díaz Gallegos, J. R.; Mayorga Saucedo, R.; Alcántara, P. C.;

Vidales F., J. A. (2009). Contaminación por agroquímicos. In: Bravo. Et al. Impactos Ambientales y Socioeconómicos del Cambio de Uso del Suelo Forestal a Huertos de Aguacate en Michoacán. Publicación Especial Núm. 2. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Uruapan. pp. 45-46. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/inicio/libro_

WWAP (World water assessment programme). (2003) Agua para todos, agua para la vida. París, Francia: UNESCO.

Zapata-Sierra, A. y Manzano-Agugliaro, F. (2008) Influencia de seis especies arbóreas en la infiltración de agua en el suelo. *Agrociencia*, 42, 835-845.

ACRONIMOS Y SIGLAS

SE	Secretaría de Economía
CCI	Change Climate Initiative
CIGA	Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
EE.UU.	Estados Unidos
ESA	European Space Agency
HA	Hectárea
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
OE	Observation Earth
PIGM	Prontuario de Información Geográfica Municipal
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIAP	Servicio de Información Alimentaria y Pesquera
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
WWAP	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta

1. ¿Cuándo se habla de medio ambiente ¿cuál de los siguientes aspectos es el primero en que usted piensa? (Señalar sólo uno)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Contaminación (1) | <input type="checkbox"/> Calidad de vida (4) |
| <input type="checkbox"/> Paisajes agradables (2) | <input type="checkbox"/> Desastres naturales (5) |
| <input type="checkbox"/> Naturaleza (3) | <input type="checkbox"/> Otros. ¿Cuál?..... |
| | <input type="checkbox"/> No sabe/No contesta (6) |

2. ¿Considera que en su comunidad existen problemas ambientales?

- Si (1)
- No (2)
- NS/NC (3)

3. ¿Qué cantidad considera usted que son los problemas que afectan a su comunidad?

- Ninguno (1)
- Pocos (2)
- Algunos (3)
- Muchos (4)
- NS/NC (5)

4. ¿En qué medida le preocupan los problemas del medio ambiente?

- Nada (1)
- Poco (2)
- Algo (3)
- Mucho (4)

5. ¿Qué actividades considera usted son las que más afectan al medio ambiente de su comunidad?

- Construcción de carreteras (1)

Crecimiento de la comunidad (2)

Cultivo de aguacate (3)

Tala de pino (4)

6. ¿Usted cultiva aguacate?

Si ¿Cuántas hectáreas?_____

No

7. ¿Cuánto ingresos obtiene por cultivar estas hectáreas?

7. ¿Qué condiciones considera usted que se obtienen al cultivar aguacate?

Mayor ingreso (1)

Empleos (2)

Perdida de bosque (3)

Que no haya agua (4)

Ninguna (5)

NS/NC (6)

8. ¿Considera usted que el cultivo de aguacates genera problemas en su comunidad?

Si (1)

No (2)

NS/NC (3)

9. ¿Cuáles son los principales problemas que el cultivo de aguacate está generando en su comunidad?

Perdida de bosques (1)

Escases de agua (2)

- Perdida de especies animales (3)
- Derrumbes (4)
- Suelos que no producen (5)
- Encarecimiento de la tierra (6)
- Monopolio (Que la producción quede en manos de unos pocos) (71)
- Contaminación por agroquímicos (8)
- Monocultivo (Que no se cultiven otros productos) (9)
- Aumento del calor (10)
- Falta de lluvias (11)

10. ¿Quiénes considera usted son los responsables de generar estos problemas?

- Productores (1)
- Autoridades municipales (2)
- Autoridades estatales (3)
- Delincuentes (4)
- Talamontes (5)
- Trabajadores (6)
- La comunidad (7)

11. ¿Qué acciones considera usted que se deben hacer en su comunidad respecto a los problemas que ha mencionado en la pregunta anterior?

- Seguir cultivando para generar riqueza (1)
- Cultivar de manera responsable (2)
- Que la autoridad imponga más reglas (3)
- Dejar de producir aguacate (4)
- Proteger y conservar la naturaleza (5)
- Que la comunidad se organice para solucionar estos problemas (6)

12. ¿Cuál de las siguientes opciones refleja mejor su situación personal en relación con el medio ambiente y los problemas ambientales de su comunidad?

- Intento actuar sin importarme lo que hagan otros (1)
- No lo intento porque otros tampoco lo hacen (2)
- No sé qué hacer (3)
- No me preocupa el medio ambiente (4)
- Ninguna de ellas (5)

13. ¿Usted cree que en su municipio la situación del medio ambiente ha mejorado en los últimos años, sigue igual o ha empeorado?

- Ha mejorado (1)
- Sigue igual (2)
- Ha empeorado (3)
- NS/NC (4)

14. ¿Cómo actúa el ayuntamiento, en relación con el medio ambiente?

- Aporta soluciones (1)
- Favorece a quien genera los problemas (2)
- No hace nada (3)
- Intenta actuar (4)

15. ¿En qué grado cree que es usted responsable de la calidad medioambiental de su comunidad y del municipio de Tacámbaro?

- Muy responsable (1)
- Bastante responsable (2)
- Poco responsable (3)
- Nada responsable (4)
- NS/NC (5)

16. ¿Estaría dispuesto a participar en talleres donde se enseñe a como cultivar sin dañar el ambiente, o en donde se elaboren nuevas leyes, reglamentos, normas y sugerencias que ayuden a mejorar la situación ambiental de su comunidad o municipio, y a plantear posibles soluciones?

- No, me interesa participar (1)
- Tal vez, si existe un beneficio (2)

Sí, pero si toda la comunidad acude (3)

Anexo 2. Fotografías

Las fotografías fueron tomadas en la visita a campo, además se agregó una captura de google Earth 2018, donde se observa el proceso de cambio de bosque a zona de cultivo.





Fuente: Archivo fotográfico del autor



Fuente: Archivo fotográfico del autor

El autor es Licenciado en Geografía Humana por la Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: Abel.vivancos@gmail.com

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.

Forma de citar:

Segundo, Abel, (2018). “Análisis del proceso de expansión de la superficie cultivada con aguacate y su impacto en los recursos naturales del municipio de Tacámbaro, Michoacan, 1990-2016.” Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente. El Colegio de la Frontera Norte, A.C. México.